



TUGAS AKHIR - TM 145502

PENGARUH *SOURCE FILM DISTANE* 120 MM, 240 MM,  
360MM TERHADAP HASIL FILM RADIOGRAFI  
PENGUJIAN TAK RUSAK, MATERIAL PIPA API 5L  
GRADE B 4 INCHI SCHEDULE 40

ANDRE TRI MULYA  
NRP.2114 030 001

Dosen Pembimbing 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001

Dosen Pembimbing 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - TM 095502**

**PENGARUH *SOURCE FILM DISTANE* 120 MM,  
240 MM, 360MM TERHADAP HASIL FILM  
RADIOGRAFI PENGUJIAN TAK RUSAK,  
MATERIAL PIPA API 5L GRADE B 4 INCHI  
SCHEDULLE 40**

**ANDRE TRI MULYA  
NRP.2114 030 001**

**Dosen Pembimbing 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**Dosen Pembimbing 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III  
JURUSAN DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - TM 095502**

**EFFECTS OF SOURCE FILM DISTANCE 120  
MM, 240 MM, 360 MM ON FILM RESULT  
RADIOGRAPHY NON DESTRUCTIVE TEST,  
MATERIAL PIPE API 5L GRADE B 4 INCHI  
SCHEDULLE 40**

**ANDRE TRY MULYA  
NRP.2114 030 001**

**Counsellor Lecturer 1  
Ir. Subowo, MSc  
19581004 198701 1 001**

**Counsellor Lecturer 2  
Ir. Gathot Dwi Winarto, MT  
19580915 198701 1 001**

**DIPLOME III MECHANICAL ENGINEERING  
DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING INDUSTRY  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH *SOURCE FILM DISTANE* 120 MM, 240 MM, 360 MM TERHADAP HASIL FILM RADIOGRAFI PENGUJIAN TAK RUSAK, MATERIAL PIPA API 5L GRADE B 4 INCHI SCHEDULE 40

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi Diploma III  
Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANDRE TRI MULYA**  
**NRP. 2114 030 001**

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. Subowo, MSc

NIP. 19581004 198701



Dwi Winarto, MT

NIP. 19880915 198701 1 001

**SURABAYA, JULI 2017**

**PENGARUH *SOURCE FILM DISTANCE* 120 MM, 240  
MM, 360 MM TERHADAP HASIL FILM  
RADIOGRAFI PENGUJIAN TAK RUSAK,  
MATERIAL PIPA API 5L GRADE B 4 INCHI  
SCHEDULE 40**

**Nama** : Andre Tri Mulya  
**NRP** : 2114 030 001  
**Jurusan** : Departemen Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Subowo, MSc

**Abstrak**

Salah satu permasalahan dalam pengujian logam tak rusak dengan gamma ray ialah disaat posisi yang tak memungkinkan untuk kondisi standart yaitu *Source Film Distance Contact* dibuat menjadi *Source Film Distance* yang memiliki jarak tertentu.

Pada penelitian ini akan menganalisa mengenai pengaruh *Source Film Distance* terhadap hasil yang terjadi pada film radiografi dan kelayakannya. Kondisi pipa API 5L Grade B diameter 4 inchi *schedulle* 40. Variasi *Source Film Distance* dalam penelitian ini ialah 120 mm (kontak), 240 mm, 360 mm. Dari perubahan tersebut akan diketahui nilai sensitifitas dan densitas dari hasil film dan kondisi gambar hasil penembakan pada film

Dari hasil pengujian radiografi didapat, bahawa dengan perubahan *Source Film Distance* selain kontak yaitu dengan jarak 240 mm dan 360 menghasilkan gambar yang bertumpuk antara las sisi sumber atas dan sisi film yang membuat analisa tidak baku. Selain itu hasil densitas pada 120 mm bernilai 2,68 jarak 240mm bernilai 2,28 dan jarak 360 mm bernilai 1,93. Terlihat semakin jauh *Source Film Distance* maka densitas menurun. Tetapi untuk hasil sensitifitas tetap terlihat kawat nomer 5 sebagai hasil perhitungan yang mana masih memenuhi standart.

**Kata kunci** : Pengujian radiografi, *Source Film Distance*, Densitas, sensitifitas

**EFFECTS OF SOURCE FILM DISTANCE 120 MM, 240  
MM, 360 MM ON FILM RESULT RADIOGRAPHY NON  
DESTRUCTIVE TEST, MATERIAL PIPE API 5L GRADE  
B 4 INCHI SCHEDULE 40**

**Nama** : Andre Tri Mulya  
**NRP** : 2114 030 001  
**Jurusan** : Departemen Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Subowo, MSc

***Abstract***

*One of the problems non destructive test metal with gamma ray is when the position is not Allows for a standard condition that is Source Film Distance Contact changed to Source Film Distance Have a certain distance.*

*In this study will analyze the influence Source Film Distance to the results that occur in the film Radiography and feasibility. The condition of the 5L Grade B API pipe Diameter 4 inchi schedule 40. Variation Source Film Distance In this study was 120 mm (contact), 240 mm, 360 mm. From the changes will be known sensitivity value and The density of the film and the condition of the shooting image On the film.*

*From the results of radiographic testing obtained, that with Source Film Distance changes in addition to contact with distance 240 mm and 360 produces images stacked between Welding top and side sides of the film that makes no analysis Raw. In addition, the density of 120 mm is 2.68 240mm is worth 2.28 and 360 mm distance is worth 1.93. Visible The further Distance Source Film then the density decreases. But for the sensitivity results remain visible wire number 5 as The calculation results which still meet the standard.*

***Keywords :*** Radiography testing, Source Film Distance, Density, sensitivity

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Penelitian yang berjudul :

**“PENGARUH *SOURCE FILM DISTANE 120 MM, 240 MM, 360MM* TERHADAP HASIL FILM RADIOGRAFI PENGUJIAN TAK RUSAK, MATERIAL PIPA API 5L GRADE B 4 INCHI SCHEDULE 40”**

dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Penelitian ini tanpa bantuan, saran, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Subowo, MSc. selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Penelitian ini.
2. Bapak Ir. Gathot Dwi Winarto, MT selaku dosen pembimbing 2
3. Bapak Ir. Suhariyanto, MSc selaku kaprodi Departemen Teknik Mesin Industri.
4. Bapak Ir. Suhariyanto, MSc selaku koordinator Penelitian Departemen Teknik Mesin Industri.
5. Bapak Ir. Arino Anzip, Meng, Sc selaku Dosen Wali selama di Departemen Teknik Mesin Industri.

6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
7. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Penelitian ini.
8. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu yang selalu memberikan semangat, doa ,serta dukungan dalam bentuk apapun.
9. Tim penguji NDT AND TECH Bendul Merisi yang telah membantu pengujian dan memberi masukan untuk penelitian.
10. Pak Ali yang telah memberikan kesempatan penulis menggunakan tempat kerja untuk melakukan praktikum pengelasan
11. Rekan – rekan PPNS yang telah membantu penulis selama pengerjaan Penelitian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Penelitian ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak, yang dapat mengembangkan Penelitian ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Penelitian ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program studi Sarjana Teknik Mesin FTI-ITS dan Departemen Teknik Mesin Industri.

Surabaya, Juli 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4

## BAB II DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Umum Pengelasan.....	5
2.2 SMAW .....	5
2.3 Posisi Pada Pengelasan.....	6
2.4 Heat Input.....	8
2.5 Kodefikasi Elektroda.....	9
2.6 Pengujian Material .....	11
2.7 Tinjauan umum radiografi.....	12
2.8 Prinsip Radiografi .....	13
2.9 Sumber Radiografi .....	14
2.10 Metode Pengujian Radiografi.....	14
2.10.1 <i>Single wall single viewing (SWSV)</i> .....	14
2.10.1.1 <i>Internal source technique</i> .....	15

2.10.1.2 <i>Internal film technique</i> .....	15
2.10.1.3 <i>Panaromic technique</i> .....	16
2.10.2 <i>Double wall single viewing (DWSV)</i> .....	16
2.10.2.1 <i>contact technique</i> .....	16
2.10.2.2 <i>non contact technique</i> .....	17
2.10.3 <i>Double wall double viewing (DWDV)</i> .....	17
2.10.3.1 <i>Ellips Technique</i> .....	18
2.10.3.2 <i>Superimposed Technique</i> .....	19
2.11 <i>Komponen Alat Gamma-Ray</i> .....	19
2.11.1 <i>Pesawat gamma-ray</i> .....	20
2.11.2 <i>Sumber radiosotop</i> .....	20
2.11.3 <i>Kapsul Pig Tail</i> .....	21
2.12 <i>Film Radiografi</i> .....	21
2.13 <i>Klasifikasi Jenis Film</i> .....	23
2.14 <i>Pemilihan Film Radiografi</i> .....	23
2.15 <i>Pengekapan Film Radiografi</i> .....	24
2.16 <i>Pemrosesan Film Radiografi</i> .....	26
2.16.1 <i>Developer</i> .....	26
2.16.2 <i>Stop bath</i> .....	27
2.16.3 <i>Fixer</i> .....	27
2.17 <i>Pemilihan Image Quality indicator</i> .....	28
2.18 <i>Pemilihan Wire Identity dan Wire Diameter</i> .....	29
2.19 <i>Source Film Distance (SFD)</i> .....	30
2.20 <i>Unsharpness geometric</i> .....	31
2.21 <i>Sensitivitas Film Radiografi</i> .....	32
2.22 <i>Densitas Film Radiografi</i> .....	34
2.23 <i>Contrast</i> .....	34
2.24 <i>Definition</i> .....	35
2.25 <i>Lattitude</i> .....	35

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 <i>Metode Penelitian</i> .....	37
3.2 <i>Waktu Pelaksanaan Penelitian</i> .....	38
3.3 <i>Tempat</i> .....	38
3.4 <i>Langkah kerja</i> .....	38
3.5 <i>Studi Literatur</i> .....	38
3.6 <i>Persiapan Alat dan Spesimen</i> .....	38

3.6.1 Material .....	39
3.6.2 Mesin las <i>shielded metal arc welding</i> .....	41
3.6.3 Gerinda tangan .....	42
3.6.4 <i>Welding gauge</i> .....	42
3.6.5 Mesin radiografi <i>gamma-ray</i> .....	43
3.6.6 <i>Lead marker</i> .....	43
3.6.7 Penetrameter .....	44
3.6.8 Penggaris .....	45
3.6.9 Produk las .....	45
3.6.10 Pencucian <i>film</i> .....	46
3.6.11 <i>Viewer</i> .....	46
3.6.12 Densitometer.....	47
3.7 <i>Exposure Chart</i> .....	47
3.8 Pengukuran tebal pipa .....	48
3.9 Menentukan tebal pipa .....	48
3.10 Posisi Penembakan.....	50
3.11 <i>Source Film Distance</i> .....	51
3.12 Sumber Radiasi.....	52
3.13 Penentuan <i>Film</i> .....	53
3.14 Penentuan <i>Source Film Distance</i> Minimal.....	53
3.15 Penentuan <i>Exposure Time</i> .....	54
3.16 Perhitungan <i>Unsharpness Geometric</i> .....	55
3.17 Penentuan nilai densitas .....	57

## **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Parameter Pengelasan.....	59
4.2 Pengambilan Gambar .....	60
4.2.1 SFD 120 mm Penembakan Normal .....	60
4.2.2 SFD 240 mm .....	61
4.2.3 SFD 360 mm .....	61
4.2 Pencucian Film Radiografi.....	62
4.3 Hasil Densitas.....	62
4.4 Hasil Sensitivitas .....	64
4.5 Hasil Film.....	65
4.6 <i>Unsharpnes geometric</i> .....	67

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran.....	70

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem las SMAW .....	6
Gambar 2.2	Posisi pengelasan 1G.....	6
Gambar 2.3	Posisi pengelasan 2G.....	7
Gambar 2.4	Posisi pengelasan 5G.....	7
Gambar 2.5	Posisi pengelasan 4G.....	8
Gambar 2.6	Skema pengujian radiografi .....	13
Gambar 2.7	<i>Internal Source Image</i> .....	15
Gambar 2.8	<i>Internal Film Technique</i> .....	15
Gambar 2.9	<i>Paranomic Technique.</i> .....	15
Gambar 2.10	<i>Contact Technique.</i> .....	16
Gambar 2.11	<i>Non Contact Technique.</i> .....	17
Gambar 2.12	<i>Ellips Technique</i> .....	18
Gambar 2.13	<i>Superimpised Technique</i> .....	19
Gambar 2.14	Pesawat gamma-ray .....	20
Gambar 2.15	Radiostop.....	21
Gambar 2.16	Kapsul Pig Tail.....	21
Gambar 2.17	Radiografi menggunakan film.....	22
Gambar 2.18	Penyusun film radiografi.....	22
Gambar 2.19	Struktur film lambat dan cepat .....	23
Gambar 2.20	Film <i>holder</i> dan kaset .....	25
Gambar 2.21	Skema aliran pemrosesan film radiografi.....	28
Gambar 2.22	Penumbra.....	31
Gambar 2.23	<i>Source Film Distance</i> .....	32
Gambar 2.24	<i>Wire image quality indicator</i> .....	33
Gambar 2.25	<i>High and low contrast</i> .....	34
Gambar 2.26	<i>High and low definition</i> .....	35
Gambar 2.27	<i>Stepwedge</i> beserta <i>latitude</i> .....	35
Gambar 3.1	<i>Flow chart</i> diagram .....	37
Gambar 3.2	Dimensi pipa NPS 4 <i>schedule</i> 40 .....	39
Gambar 3.3	Dimensi <i>bevel</i> persiapan pengelasan .....	39
Gambar 3.4	Pipa dengan <i>bevel</i> 30°.....	39
Gambar 3.6	Mesin las dan tang ampér .....	41
Gambar 3.7	Hasil proses pengelasan.....	41
Gambar 3.8	Gerinda tangan.....	42
Gambar 3.9	Welding gauge.....	43

Gambar 3.10	Kamera radiografi gamma ray .....	43
Gambar 3.11	<i>Lead marker</i> .....	44
Gambar 3.12	Penetrameter .....	44
Gambar 3.13	Alat ukur (penggaris).....	45
Gambar 3.14	Dimensi penyambungan spesimen .....	45
Gambar 3.15	<i>Viewer film</i> radiografi .....	46
Gambar 3.16	Densitometer.....	47
Gambar 3.17	<i>Exposure chart</i> Ir-192.....	48
Gambar 3.18	Pengukuran material .....	49
Gambar 3.19	Pembagian Sudut Penembakan.....	51
Gambar 3.20	<i>Screen</i> beserta <i>holder film</i> .....	53
Gambar 3.21	Penjelasan rumus Ug .....	56
Gambar 3.22	Pembagian titik acuan.....	57
Gambar 4.1	SFD 120 mm kontak normal .....	60
Gambar 4.2	SFD 240 mm.....	61
Gambar 4.3	SFD 360 mm.....	61
Gambar 4.4	Bagan hasil densitas .....	64
Gambar 4.5	Hasil gambar SFD 120 mm .....	65
Gambar 4.6	Hasil gambar SFD 240 mm .....	66
Gambar 4.7	Hasil gambar SFD 360 mm .....	66
Gambar 4.8	Sisi pada pipa.....	67
Gambar 4.9	Bagan nilai <i>unsharpness geometric</i> .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Digit Keempat Tipe Selaput. ....	10
Tabel 2.2	Klasifikasi film menurut standart .....	23
Tabel 2.3	Pemilihan <i>image quality indicator</i> .....	29
Tabel 2.4	<i>Wire IQI designation, wire diameter and wire identity</i> .....	29
Tabel 2.5	<i>Unsharpnes geometric limination.</i> .....	31
Tabel 3.1	Logam induk dan pengisi. ....	40
Tabel 3.2	Parameter pengelasan. ....	40
Tabel 3.3	Rumus perhitungan tebal keseluruhan. ....	49
Tabel 4.1	Logam induk uji. ....	59
Tabel 4.2	Parameter pengelasan.....	59
Tabel 4.3	<i>Heat input</i> .....	60
Tabel 4.4	Lama waktu pemosesan film.....	62
Tabel 4.5	Hasil densitas SFD 120 mm .....	63
Tabel 4.6	Hasil densitas SFD 240 mm .....	63
Tabel 4.7	Hasil densitas SFD 360 mm .....	63
Tabel 4.8	Hasil sensitivitas pada kondisi normal .....	65
Tabel 4.9	Ukuran <i>unsharpness geometric</i> .....	68

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam suatu rangkaian instalasi dan konstruksi perpipaan dibutuhkan suatu perawatan dan inspeksi ketat terhadap penggunaan maupun proses fabrikasinya. Seiring berjalan waktu dimana bahan berada dalam kurun waktu tertentu, lingkungan dan konsentrasi tertentu akan mengalami penurunan kualitas. Di dalam dunia industri diharuskan untuk melakukan prosedur inspeksi. Contoh pada bidang fabrikasi *pipeline*, *pressure vessel*, *boiller*. Pada umumnya dalam operasi pekerjaan *pipeline* mulai dari fabrikasi hingga perawatan dibutuhkan sebuah inspeksi terjadwal ataupun mendadak. Terkadang kendala ruang dan tempat yang sempit menjadi kendala. Maka dengan pengujian radiografi dapat memudahkan proses perawatan dan inspeksi terutama pada pekerjaan *offshore*.

Dengan adanya kebutuhan proses perawatan berkala maka dapat menjamin keamanan dan keselamatan suatu *subsea pipeline*. Beberapa syarat keberhasilan proses pengujian radiografi ialah dengan ditentukan nilai densitas *film* dan sensitifitas *film* dimana kedua faktor ini berpengaruh sejalan dengan semakin jauh *source film distance* dan cepat lambatnya *exposure time*. Tetapi hal itu semua harus dihitung dan diperkirakan sesuai dengan standart. Maka penelitian mengacu pada faktor jarak pencahayaan pada inspeksi pipa. Dengan mengabaikan isi material dalam pipa sehingga fokus yang ada ialah pada kondisi sambungan lasan yang memang diberi cacat untuk mempermudah proses pengambilan data. Dengan material yang sama dan proses radiografi, telah diteliti oleh Kurniawan Jaya Atmaja tentang Pengaruh Fluida Oli Mesran SAE 40 Terhadap Nilai Densitas dan Sensitivitas Hasil Film Pengujian Tak Rusak Material Pipa API 5L Grade B NPS 4 sch 40.



## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan adanya latar belakang yang mendorong tugas akhir ini, maka ada beberapa rumusan masalah yang muncul sebagai pertanyaan pedoman agar sesuai dengan apa yang penulis inginkan, diantara rumusan tersebut adalah:

1. Bagaimana pengaruh *source film distance* terhadap hasil sensitifitas dan densitas
2. Bagaimana bentuk gambar pada film setelah mengalami perubahan SFD

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi terarah dan memberikan kejelasan analisis permasalahan, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Material API 5L *seamless grade B* NPS 4 *schedule 40*
2. Proses penyambungan material menggunakan pipa menggunakan pengelasan SMAW
3. Menggunakan gamma-ray Ir-192
4. Menggunakan metode film side
5. Menggunakan wire IQI ASTM SET 1B
6. DWSV (contact), DWSV SFD 2X (contact), dan DWSV SFD 3X(contact)
7. Hanya mengambil gambar film pipa pada sudut  $0^{\circ}$
8. Film pendek tipe sedang AGFA structurix D7
9. Menganalisa hasil film berdasarkan ASME Sec.V 2015

## 1.4 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah maka merumusan masalah yang akan dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai densitas dan sensitifitas pada film setelah mengalami perubahan *source film distance*
2. Mengetahui hasil perbedaan perubahan *source film distance* pada hasil gambar radiografi

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Sebagai ruang teori dan praktek selama perkuliahan
2. Hasil yang didapatkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk penggunaan dalam pengaplikasian pengujian selanjutnya.
3. Dapat menambah wawasan untuk teknologi dan refrensi non destructive test

## 1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan Penelitian ini adalah :

### 1. Studi Literatur

Untuk menambah wawasan perlu studi literatur dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan *non destructive test* radiografi *gamma ray*.

### 2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing

Dalam penulisan Penelitian ini perlu mengadakan konsultasi atau respon dengan dosen pembimbing.

### 3. Observasi Data

Melakukan observasi data-data terkait pengujian *non destructive test* radiografi *gamma ray* benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.

### 4. Analisa Data

Menganalisa hasil pengujian *non destructive test* radiografi *gamma ray* tentang perubahan *source film distance* terhadap hasil dari film.

### 5. Membuat Kesimpulan

Setelah menyelesaikan laporan Penelitian dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan disusun untuk memberikan gambaran penjas mengenai bagian – bagian tugas akhir, diantaranya:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang digunakan untuk mencapai tujuan tugas akhir ini.

### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini berisi metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi alat dan bahan, serta langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Membahas tentang hasil pengujian diantaranya adalah hasil pada film, nilai densitas, nilai sensitifitas

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Membahas tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran-saran penulis dalam penyusunan tugas akhir.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisi tentang referensi – referensi yang terkait dengan materi pembahasan berupa buku, jurnal tugas akhir terdahulu, maupun website yang dijadikan acuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum Pengelasan**

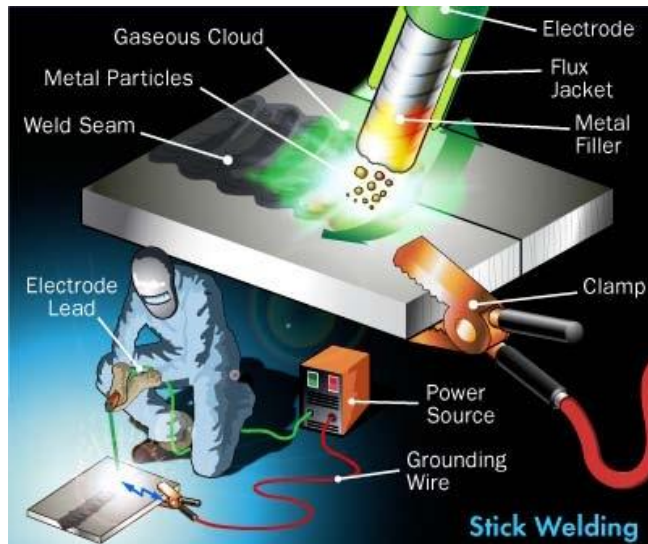
Pengelasan ( *Welding* ) adalah penyambungan dua atau lebih bahan dengan cara memanaskan permukaan sampai mencair dengan atau tanpa logam pengisi (*filler*) dan dengan atau tanpa tekanan. Dari definisi tersebut terdapat 3 kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan logam, logam pengisi, dan tekanan.

Proses penyambungan lain yang telah dikenal lama selain pengelasan adalah penyambungan dengan cara *Brazing* dan *Soldering*. Perbedaannya dengan pengelasan adalah tidak sampai mencairkan logam induk tetapi hanya logam pengisinya saja. Sedangkan perbedaan antara *Brazing* dan *Soldering* adalah pada titik cair logam pengisinya. Proses *Brazing* berkisar 450°C – 900°C, sedangkan untuk *Soldering*, titik cair logam pengisinya kurang dari 450°C.

#### **2.2 Shielded Metal Arc Welding ( SMAW )**

SMAW adalah suatu proses las busur manual dimana panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan benda kerja. Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfer oleh gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan logam *flux* atau *slag* yang terbentuk. Proses pengelasan dengan proses SMAW dibedakan berdasarkan jenis arusnya meliputi arus AC dan DC, dimana arus DC dibedakan atas DCEN (*straight polarity* atau polaritas langsung) dan DCEP (*reverse polarity* atau polaritas terbalik). *Filler* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan atau pada elektroda, elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda. Serta setiap kawat las

memiliki dimensi dan karakter tertentu untuk membantu mempermudah menyamakan dengan logam yang akan disambung.

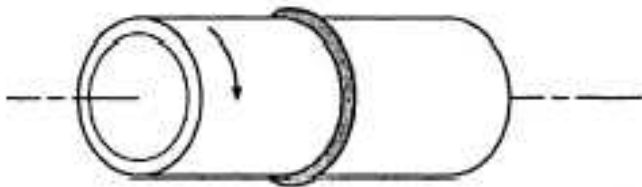


**Gambar 2.1** Sistem las SMAW

### 2.3 Posisi Pada Pengelasan

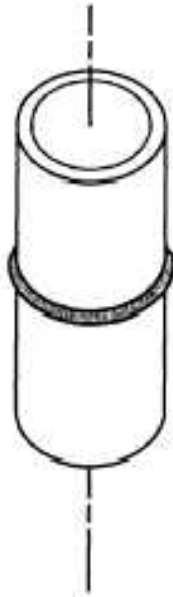
Posisi pada pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Adapun posisi terdiri dari 4 macam, yaitu:

- Posisi ( 1G )



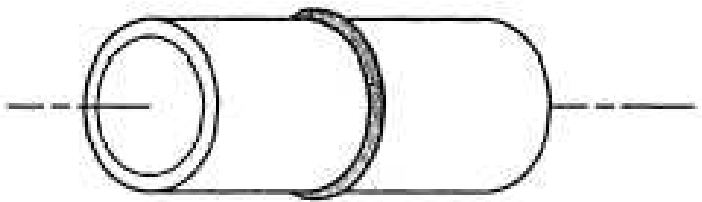
**Gambar 2.2** Posisi pengelasan 1G

- Posisi ( 2G )



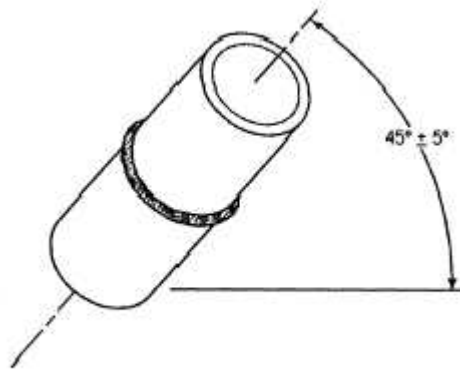
**Gambar 2.3** Posisi pengelasan 2G

- Posisi ( 5G )  
Horizontal dan tidak berputar



**Gambar 2.4** Posisi pengelasan 5G

- Posisi ( 6G )  
Posisi dengan kemiringan



**Gambar 2.5** Posisi pengelasan 6G

## 2.4 Heat Input

*Heat Input* adalah besarnya energi panas setiap satuan panjang las ketika sumber panas (yang berupa nyala api, busur listrik, plasma atau cahaya energi tinggi bergerak). Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil perpaduan dari arus listrik pengelasan, tegangan (voltase) listrik pengelasan, dan kecepatan pengelasan, menghasilkan energi panas yang dikenal dengan masukan panas (*heat input*). Kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi panas pengelasan, karena proses pengelasan tidak diam ditempat, tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan las. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut *heat input*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut :

Masukan panas :  $HI=$

$$\frac{V \times I \times 60}{s} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:  $HI=$  Masukan panas atau energi (J/mm )

$I=$  Arus ( Ampere )

$V=$  Voltase ( Volt )

$s=$  Kecepatan pengelasan ( mm/s )

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

## 2.5 Kodefikasi Elektroda

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*flux*) dan tidak bersalut yang merupakan bagian untuk menjepitkan tang las. Fungsi *flux* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam. Pemilihan elektroda harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material. Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standart sistem AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*).

Adapun kodefikasi dari elektroda sebagai berikut:

Contoh : E 80 1 8 B2

E : Menyatakan elektroda busur listrik.

80 : (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ksi.



- 1 : (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan.
- 8 : (angka keempat) menyatakan jenis selaput atau gas pelindung dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.
- B2 : Komposisi bahan elektroda

**Tabel 2.1** Karakteristik Digit Keempat Tipe Selaput dan Arus Listrik

ANGK A	SUMBER ARUS		POLARIT AS ELEKTRO DA		TIPE SALUTA N	DAYA TEMBU S	KADA R SERBU K BESI
1	AC	DC	+		Cellulose potasium	Kuat	
2	AC	DC		-	Rutile Sodium	Medium	0-10%
3	AC	DC	+	-	Rutile Potasium	Lunak	0-10%
4	AC	DC	+	-	Rutile Iron Powder	Lunak	30-50%
5		DC	+		Low Hydrogen Sodium	Medium	
6	AC	DC		-	Low Hydrogen Potassium	Medium	
7	AC	DC	+	-	Iron Oxyde,	Lunak	50%

					Iron Powder		
8	AC	DC	+		Low Hydrogen, Iron Powder	Medium	30-50%
9	AC	DC					
E6010		DC	+		Cellulose Sodium	Kuat	0-10%
E6020	AC	DC		-	Iron Oxyde Sodium	Medium	0-10%
E6030	AC	DC		-	Iron Oxyde	Lunak	

## 2.6 Pengujian Material

Proses pengujian material adalah proses pemeriksaan bahan-bahan untuk diketahui sifat dan karakteristiknya yang meliputi sifat mekanik, sifat fisik, bentuk struktur mikro dan makro. Adapun proses pengujiannya dikelompokkan ke dalam tiga kelompok metode pengujian, yaitu :

1. DT (*Destructive Test*), yaitu adalah proses pengujian logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada logam yang diuji.
2. NDT (*Non Destructive Test*), yaitu proses pengujian logam yang tidak menimbulkan kerusakan pada logam atau benda yang diuji.
3. *Metallography*, yaitu proses pemeriksaan logam tentang komposisi kimianya, unsur-unsur yang terdapat di dalamnya, dan bentuk strukturnya.

## 2.7 Tinjauan Umum Radiografi

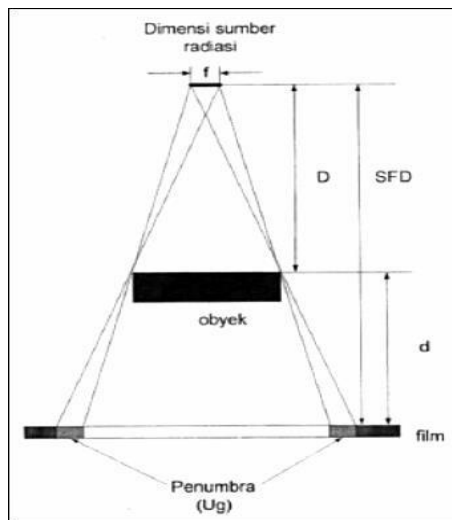
Sejarah pengujian radiografi melibatkan dua langkah awal yang penting bagi dunia. Pertama penemu sinar-x oleh Wilhelm Conrad Roentgen pada tahun 1895 dan kedua penemuan bahan radioaktif baru yang disebut radium oleh Marie dan Pierre Curie yang diumumkan pada desember 1898. Pengujian radiografi merupakan salah satu metoda yang digunakan dalam pengujian tanpa merusak atau *Non Destructive Test* (NDT). Yang dimaksud dengan pengujian tanpa merusak adalah pengujian material dengan tidak merusak material ataupun suatu konstruksi yang diuji, baik sifat fisik maupun kimia dari material tersebut. Pengujian radiografi adalah teknik mendapatkan suatu gambar bayangan dari benda padat dengan menggunakan daya tembus radiasi *x-ray* ataupun *gamma-ray*. Gambar yang didapat merupakan bentuk proyeksi benda tersebut tanpa rincian kedalamannya. Gambar direkam dalam *film* yang yang disebut radiograf atau bisa kita sebut *film* radiografi. Suatu kontras radiografi disebabkan pada perbedaan dalam kemampuan penyerapan radiasi dalam hal ini *x-ray* ataupun *gamma-ray* dan perbedaan tebal benda uji, perbedaan susunan kimia, densitas yang tidak homogen, cacat, diskontinuitas atau proses hamburan didalam benda uji. Radiasi yang digunakan, diproyeksikan terhadap benda uji untuk mendapatkan kontras dan *definition* yang baik pada suatu bidang gambar.

## 2.8 Prinsip Radiografi

Uji radiografi terdiri dari tiga komponen utama yaitu sumber radiasi, media perekam, dan media pengaman sumber. Ketika sebuah sumber memancarkan suatu radiasi dan menembus material, radiasi akan mengalami perbedaan penyerapan oleh material tersebut. Perbedaan penyerapan oleh material disebabkan karena adanya perbedaan rapat jenis, ketebalan, atau perbedaan karakteristik penyerapan karena perbedaan komposisi. Radiasi yang melewati bagian mengekspos *film* dan membentuk *shadowgraph* bagian. Tingkat densitas akan bervariasi dengan jumlah radiasi yang mencapai *film* melalui tes objek dimana daerah gelap menunjukkan lebih banyak paparan

dan dimana daerah terang menunjukkan kurang paparan. Variasi dalam densitas dapat digunakan untuk menentukan ketebalan atau komposisi bahan. Perbedaan penyerapan ini dapat diamati dengan mendeteksi radiasi transmisi perekam, dalam pengujian radiografi bagian yang akan diperiksa ditempatkan antara sumber radiasi dan media perekam.

**Gambar 2.6** Skema pengujian radiografi



## 2.9 Sumber Radiografi

Unsur – unsur tidak stabil yang juga disebut radioisotop dalam proses menuju kestabilanya akan memancarkan gelombang elektromagnet yang dinamakan sinar –  $\gamma$ . Karena pemancarannya ini maka radioisotop makin lama makin lemah. Waktu yang dijalani sehingga kekuatan penyinarannya menjadi setengahnya disebut waktu setengah umur. Untuk keperluan pengujian tidak merusak dengan sendirinya harus menggunakan radioisotop yang mempunyai waktu setengah umur beberapa hari. Dalam hal ini biasanya digunakan *isotop- isotop cobalt* (Co) dan *iridium* (Ir). Karena radioisotop selalu memancarkan sinar-  $\gamma$  maka apabila tidak dipakai harus di simpan dalam tabung

pelindung yang terbuat dari timbal dan paduan *wolfarm*. Pemancaran sinar- $\gamma$  dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pemancaran satu arah yang dilakukan dengan membuka tutup tabung pelindung, pemancaran silinder yang dilakukan dengan membuka pelindung dinding tabung, dan pancaran ke segala arah dengan meletakkan radioisotop pada tempat tanpa memakai tabung pelindung.

## 2.10 Metode Pengujian Radiografi

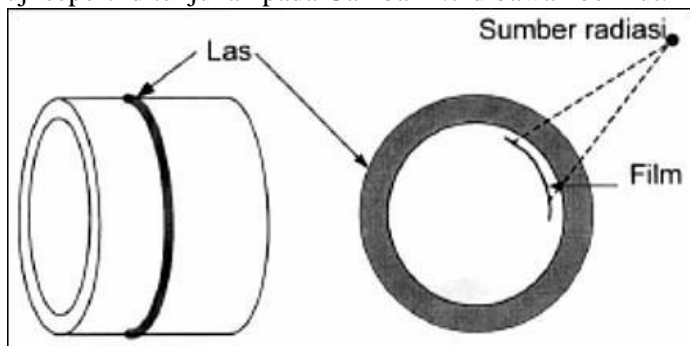
Dalam pengujian radiografi ini memiliki berbagai ragam metode bentuk pengujian sesuai kebutuhan dan kondisi suatu konstruksi ataupun produk untuk mempermudah dalam melakukan pengujian radiografi tersebut yaitu

### 2.10.1 *Single wall single viewing* (SWSV)

Teknik penyinaran dengan melewati radiasi pada suatu dinding las benda uji dan pada *film* tergambar satu bagian dinding las untuk diinterpretasi. Teknik *single wall single viewing* meliputi:

#### 2.10.1.1 *Intrnal source technique*

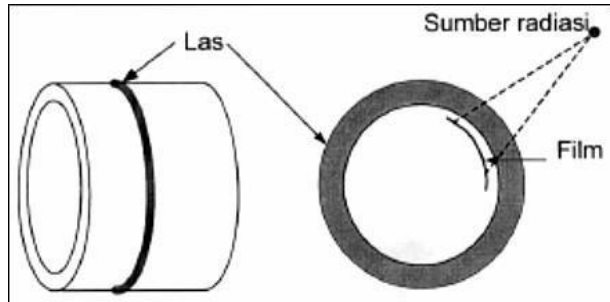
Teknik ini dapat dilakukan dengan meletakkan sumber radiasi di dalam benda uji dan *film* di luar benda uji seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 dibawah berikut.



Gambar 2.7 *Internal source image*

### 2.10.1.2 Internal film technique

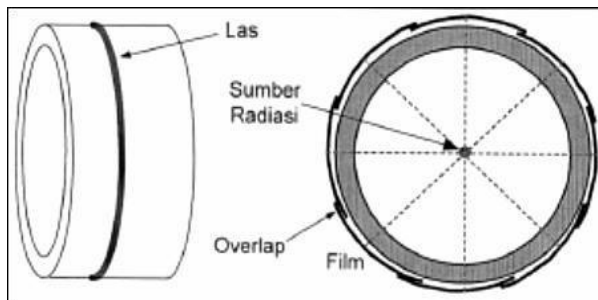
*Film* di dalam benda uji dan sumber radiasi di luar benda uji. Biasanya teknik ini dilakukan ketika benda uji cukup besar dimana diameter dalam benda uji minimal sama dengan *source film distance* minimal dan ada akses masuk ke dalam pipa, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.8 dibawah berikut.



**Gambar 2.8** Internal film technique

### 2.10.1.3 Panaromic technique

Teknik ini dilakukan dengan menempatkan sumber di sumbu benda uji untuk mendapatkan *film* hasil radiografi sekeliling benda uji dengan sekali penyinaran, seperti yang di tunjukkan Gambar 2.5 dibawah berikut .



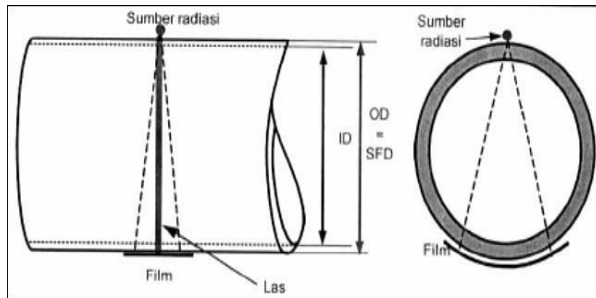
**Gambar 2.9** Panaromic technique

### 2.10.2 Double wall single viewing (DWSV)

Metode *double wall single viewing* ini diterapkan pada benda uji berupa pipa dengan diameter lebih dari 100 mm. Posisi sumber sedemikian rupa sehingga radiasi melalui dua dinding las sedangkan pada *film* hanya tergambar satu dinding las yang dekat dengan *film* untuk diinterpretasi. Teknik *double wall single viewing* meliputi

#### 2.10.2.1 contact technique

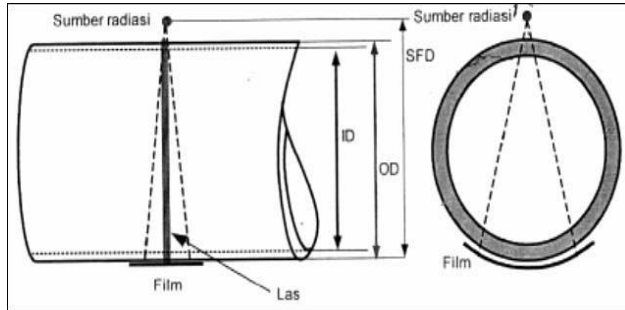
Teknik ini dilakukan dengan melekatkan sumber ke permukaan lasan benda uji. Diameter luar benda uji besarnya minimal sama atau lebih besar dari *source film distance* minimal untuk bisa dilakukan tehnik ini. seperti yang ditukkan pada Gambar 2.10 dibawah berikut. ini



**Gambar 2.10** Contact technique

#### 2.10.2.2 non contact technique

Teknik ini dilakukan jika diameter benda uji besarnya lebih kecil dari *source film distance* minimal maka penempatan sumber dapat diletakkan agak jauh dari permukaan tetapi diatur sedemikian rupa hingga dinding atas las tidak tergambar pada *film*, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.7 dibawah berikut.



**Gambar 2.11** *Non contact technique*

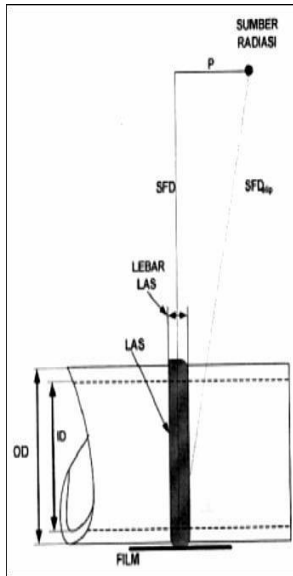
### 2.10.3 *Double wall double viewing (DWDV)*

Benda uji dengan diameter luar yang kecil tidak mungkin diterapkan teknik *single wall single viewing* maupun *double wall single viewing*. Beberapa standar merekomendasikan teknik *double wall double viewing* diterapkan pada benda uji berupa Pipa dengan diameter kurang dari 100 mm. Teknik *double wall double viewing* merupakan teknik penyinaran dengan posisi sumber radiasi sedemikian rupa sehingga radiasi menembus kedua dinding benda uji dan pada *film* tergambar kedua dinding las tersebut untuk diinterpretasi. Teknik *double wall double viewing* meliputi:

#### 2.10.3.1 *Ellips Technique*

Teknik ini dilakukan dengan posisi sumber radiasi membentuk sudut tertentu terhadap bidang normal las sehingga gambar kedua bagian dinding benda uji berbentuk *ellips*, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.12 dibalik berikut

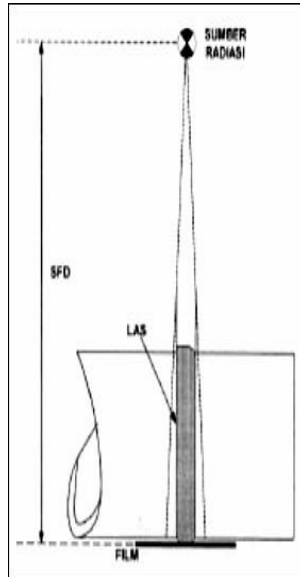




**Gambar 2.12** *Ellips technique*

### 2.10.3.2 *Superimposed Technique*

Sebagai alternatif bila teknik elips tidak dapat diterapkan maka teknik *double wall double viewing* dilakukan dengan meletakkan sumber tegak lurus terhadap benda uji sehingga gambar kedua dinding benda uji bertumpuk, seperti yang di tunjukkan Gambar 2.13 dibawah berikut.



**Gambar 2.13** *Superimposed technique*

## **2.11 Komponen Alat *Gamma-Ray***

Untuk melakukan suatu pengujian radiografi dengan *gamma-ray* kita membutuhkan beberapa komponen untuk menyusun dan menggunakan paparan *gamma-ray* dari beberapa komponen yang dibutuhkan yaitu:

### **2.11.1 Pesawat *gamma-ray***

Mesin ini digunakan untuk menyimpan, mengirim dan menyinari suatu objek yang dimana mesin tersebut berisikan sinar radioaktif. Fungsi untuk mengurangi paparan radiasi selama penggunaannya, seperti Gambar 2.14 dibawah berikut.



**Gambar 2.14** Pesawat *Gamma-ray*

### 2.11.2 Sumber *radiosotop*

Didalam mesin *gamma-ray* menggunakan *radiosotop* yang digunakan untuk menyimpan sumber. *Radioisotop* yang digunakan dimasukkan kedalam kapsul untuk mencegah kebocoran radiasi. Setelah *radiosotop* dimasukkan kedalam kapsul barulah kapsul diberi muatan atau sumber yang berfungsi sebagai pemancar saat digunakan untuk pengujian radiografi, seperti yang ditunjukan Gambar 2.15 dibawah berikut.



**Gambar 2.15** Radiostop

### 2.11.3 Kapsul *pigtail*

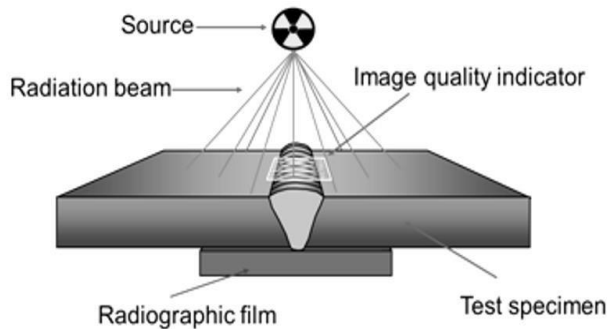
Kapsul ini digunakan sebagai kabel untuk membentuk *pigtail*, *pigtail* mempunyai konektor khusus pada ujungnya yang menyambungkan ke kabel yang digunakan untuk mengeluarkan sumber dari kamera *gamma-ray*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini



**Gambar 2.16** Kapsul Pig Tail

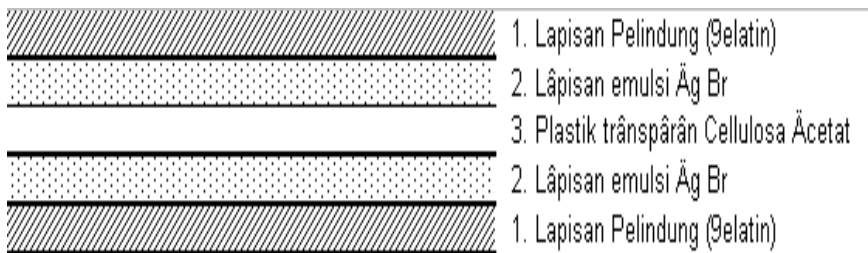
## 2.12 Film Radiografi

Salah satu alat yang digunakan dalam pengujian radiografi adalah *film*. *Film* berfungsi untuk merekam gambar benda uji yang diperiksa. Bahan dasar *film* terbuat dari bahan sejenis plastik transparan yaitu *cellulosa acetat*, yang mempunyai sifat *fleksibel*, ringan, tidak mudah pecah, dan tembus cahaya. Kedua permukaannya dilapisi suatu emulsi yang mengandung persenyawaan AgBr (perak bromida), untuk melindungi lapisan emulsi agar tidak cepat rusak maka di atasnya dilapisi lagi dengan gelatin, seperti pada Gambar 2.18 menunjukkan penyinaran menggunakan *film*.



**Gambar 2.17** Radiografi menggunakan *film*

Berikut ini adalah penyusun *film* yang di gunakan untuk merekam benda uji yang di periksa :



**Gambar 2.18** Penyusun *film* radiografi

persyaratan *film* yaitu:

1. Tidak ada cacat fisik
2. Densitas terang / gelap diukur dengan densitometer
3. Sensitivitas

### 2.13 Klasifikasi Jenis *Film*

*Film* radiografi diklasifikasikan dengan cara mengkombinasikan faktor – faktor dan karakteristik *film*. Contoh klasifikasi *film* dapat dilihat pada Table 2.2 berikut.

**Table 2.2** Klasifikasi *film* menurut *standart*

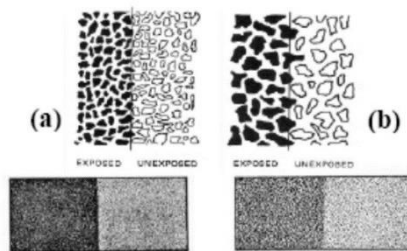
N	Class	Velocity	Contrast	Grainess
1	Spesial	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Rendah
2	I	Rendah	Sangat	Sangat
3	II	Sedang	Tinggi	Rendah
4	II	Tinggi	Sedang	Tinggi

### 2.14 Pemilihan *Film* Radiografi

Pemilihan *film* untuk radiografi tergantung pada beberapa faktor yang berbeda saat memilih *film*. Faktor – faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Komposisi, bentuk, dan ukuran dari bagian yang akan diperiksa. Pada beberapa kasus dipertimbangkan pula berat dan lokasinya.
2. Tipe dari radiasi yang digunakan seperti sinar- $\gamma$  dari sumber radioaktif atau sinar-x dari sistem pembangkit sinar-x.
3. Intensitas dari sumber radiasi sinar- $\gamma$  atau tegangan yang tersedia dari pesawat sinar-x.
4. Tingkat detail dari gambar hasil radiografi dan segi ekonomi.

Pemilihan *film* untuk radiografi pada benda uji terutama tergantung dari ketebakan dan jenis material yang diuji serta rentang intensitas sumber (Ci) yang tersedia pada sumber *gamma-ray*. Pemilihan *film* juga tergantung kepada kualitas radiografi yang diinginkan dan waktu pensinaran. Jika kualitas radiografi yang diinginkan berkualitas tinggi maka digunakan *film* lambat (*film* dengan butiran lebih halus) harus digunakan. Jika menginginkan waktu penyinaran yang pendek maka digunakan *film* cepat. Untuk detail butiran *film* dapat dilihat pada Gambar 2.19 dibawah ini. Butiran *film* mempengaruhi *definition film* radiografi. *Film* berbutir besar (*film* cepat) seringkali dipakai untuk mengurangi waktu eksposur sedangkan *film* berbutir kecil (*film* lambat) menghasilkan *definition* terbaik.



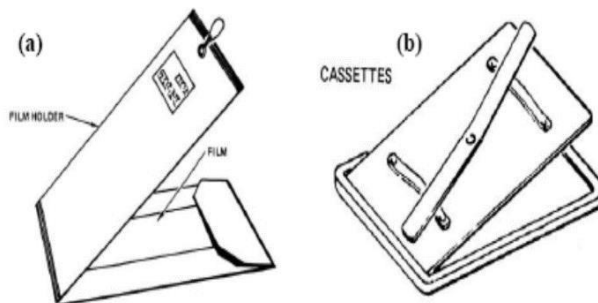
**Gambar 2.19** Struktur butir *film* lambat (a) dan *film* cepat (b)

## 2.15 Pengekapan *Film* Radiografi

*Film* radiografi dapat dipesan dalam berbagai paket. Sebagian besar dipesan dalam bentuk dasar berupa lembaran dalam sebuah *box*. Dalam proses persiapan sebelum digunakan, setiap lembar harus dikeluarkan dari *box* dan dimasukkan ke dalam kaset atau wadah *film* (*film holder*) di dalam ruang gelap (*dark room*) untuk melindunginya dari paparan cahaya. Lembaran *film* radiografi tersedia dalam berbagai ukuran dengan atau tanpa kertas pemisah di tiap lembarnya. Kertas pemisah harus dilepas sebelum *film* dimasukkan ke dalam *film holder*. Banyak pengguna mengetahui manfaat kertas pemisah sebagai pelindung *film* dari goresan atau kotoran.

*Film* radiografi untuk industri juga tersedia berupa lembaran *film* dibungkus dengan amplop tipis yang kedap cahaya sehingga *film* dapat langsung digunakan untuk keperluan radiografi tanpa perlu memindahkannya ke dalam kaset maupun *film holder*. Pada amplop pembungkus *film* tersedia bidang sobekan sehingga memudahkan proses pengeluaran *film* untuk dicuci. *Film* yang berada dalam amplop juga terlindung dari bekas jari tangan yang menempel maupun kotoran.

Paket *film* radiografi juga tersedia dalam bentuk gulungan (*rolls*) yang dapat dipotong dalam berbagai ukuran panjang. Ujung dari gulungan dilapisi denganselotip elektrik (*electrical tape*) di ruang gelap. Proses radiografi pada area las atau sambungan panjang yang melingkar seperti pada sambungan aluminium pada badan pesawat, ukuran *film* yang panjang akan memberikan berbagai manfaat dari segi waktu dan ekonomi. *Film* diletakkan diluar melingkar badan pesawat dan sumber radiasi diletakkan didalam di pusat badan pesawat sehingga proses penyinaran bisa dilakukan dalam satu kali tembak. Bentuk dari *film holder* dan kaset dapat dilihat pada Gambar 2.20 dibawah berikut.



**Gambar 2.20** *Film holder* (a) dan kaset (b)



## 2.16 Pemrosesan *Film Radiografi*

Saat eksposur selesai dilakukan, selanjutnya *film* diproses sehingga citra *laten* yang dihasilkan oleh radiasi akan nampak. Pada dasarnya terdapat tiga larutan pemroses yang dipakai untuk mengubah suatu *film* yang telah terekspose menjadi *film radiografi*. Langkah – langkah pemrosesan *film* berdasarkan urutan larutan yang digunakan adalah sebagai berikut.

### 2.16.1 *Developer*

*Developer* adalah suatu larutan kombinasi zat kimia yang masing-masing memiliki fungsi penting. Salah satu zat kimianya adalah *accelerator* yang membuat larutan bersifat basa. Zat kimia ini menghilangkan lapisan pelindung dan menggembungkan pengemulsi sehingga memungkinkan zat pengembang bereaksi dengan butiran yang terekspose. Zat kimia lainnya dalam *developer* adalah *reducer* yang terbuat dari *metol* atau *hydroquinone*. Fungsinya adalah untuk mereduksi butiran perak bromida yang terekspose menjadi logam perak berwarna hitam.

Seluruh bagian *film* tidak berubah menjadi hitam karena *reducer* dapat membedakan antara butiran yang terekspose dengan yang tidak terekspose. Namun demikian, jika *film* dibiarkan terendam dalam larutan *developer* terlalu lama, *reducer* akan bereaksi dengan butiran yang tak terekspose dan terjadi pengkabutan. Waktu dan suhu adalah faktor – faktor penting di dalam proses *development*. Pada proses *development* biasanya digunakan suhu 20°C dengan waktu celup antara 5 sampai 8 menit. Namun demikian hal tersebut harus selalu diverifikasi dengan prosedur atau spesifikasi yang digunakan. Jika suhu larutan dinaikkan, kecepatan penembusan larutan basa juga akan bertambah besar. Oleh karena itu, sebuah *film* yang didevelopkan pada suhu 20°C selama 6 menit akan lebih gelap daripada sebuah *film* yang didevelopkan pada suhu 15.5°C dengan waktu yang sama. Densitas (tingkat

kegelapan) ditentukan oleh jumlah butiran perak bromida yang direduksi oleh *developer*. Larutan *developer* dapat rusak, habisnya zat kimia pada *developer* adalah sebanding dengan jumlah dan densitas *film* yang *dideveloper*.

#### 2.16.2 *Stop bath*

Apabila sebuah *film* dikeluarkan dari dalam larutan *developer* maka sejumlah kecil larutan basa akan tertinggal di *film* tersebut. Zat kimia yang digunakan di dalam *stop bath* biasanya adalah asam asetat glacial. *Stop bath* memiliki dua fungsi yaitu:

1. Menghentikan aksi *developing* dengan cara menetralkan zat basa *developer*

(basa dan asam saling menetralkan).

2. Menetralkan zat basa *developer* sebelum *film* dimasukkan ke dalam cairan

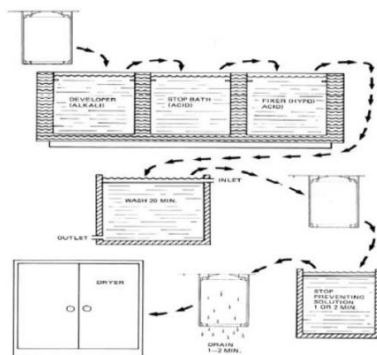
*fixer* sehingga memperpanjang usia *fixer*.

#### 2.16.3 *Fixer*

*Fixer* secara permanen mengefixkan citra pada *film*. Di dalam *developer*, butiran perak bromida direduksi menjadi logam perak. Namun demikian, butiran perak bromida yang tertinggal di dalam emulsi dan nampak berwarna kuning susu pada *film*. *Fixer* menghilangkan semua butiran perak yang tidak terekspos dari dalam *film*.

1. Waktu pembersihan, ini menghilangkan semua butiran perak yang terekspos dan kabut pada *film* berangsur-angsur hilang.
2. Namun demikian waktu total *film* di dalam *fixer* sebaiknya dua kali waktu yang diperlukan untuk membersihkan *film*.
3. Pengerasan, *fixer* juga mengeraskan emulsi gelatin yang membantu mencegah timbulnya goresan selama penanganan.

Setelah pemrosesan dengan zat kimia, *film* dicuci dan dikeringkan. *Film* tersebut kadang kala dicelupkan dalam suatu larutan untuk mencegah timbulnya bintik-bintik air. Larutan ini membuat air mudah membasahi *film* dan menghasilkan pengeringan merata. Untuk detailnya dapat dilihat pada Gambar 2.21 dibawah ini.



**Gambar 2.21** Skema aliran pemrosesan *film* radiografi

## 2.17 Pemilihan *Image Quality indicator*

Pemilihan *image quality indicator* (IQI) yang tepat merupakan hal yang penting dalam peembakan produk pengelasan karena hal tersebut terkait dengan sensitifitas suatu *film* radiografi. Sensitifitas merupakan ukuran kualitas dari suatu *film* terkait dengan detail dan cacat terkecil yang bisa diamati. IQI yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *wire type* dan penempatan marker memilih metoda *film side*. Berdasarkan Table 2.3 diketahui produk las dengan ketebalan tertentu selanjutnya akan didapatkan nilai *wire-type essential wire*.

**Table 2.3** Pemilihan *image quality indicator*

Nominal Single-Wall Material Thickness Range, in. (mm)	IQI					
	Source Side			Film Side		
	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire	Hole-Type Designation	Essential Hole	Wire-Type Essential Wire
Up to 0.25, incl. (6.4)	12	2T	5	10	2T	4
Over 0.25 through 0.375 (6.4 through 9.5)	15	2T	6	12	2T	5
Over 0.375 through 0.50 (9.5 through 12.7)	17	2T	7	15	2T	6
Over 0.50 through 0.75 (12.7 through 19.0)	20	2T	8	17	2T	7
Over 0.75 through 1.00 (19.0 through 25.4)	25	2T	9	20	2T	8
Over 1.00 through 1.50 (25.4 through 38.1)	30	2T	10	25	2T	9
Over 1.50 through 2.00 (38.1 through 50.8)	35	2T	11	30	2T	10
Over 2.00 through 2.50 (50.8 through 63.5)	40	2T	12	35	2T	11
Over 2.50 through 4.00 (63.5 through 101.6)	50	2T	13	40	2T	12
Over 4.00 through 6.00 (101.6 through 152.4)	60	2T	14	50	2T	13
Over 6.00 through 8.00 (152.4 through 203.2)	80	2T	16	60	2T	14
Over 8.00 through 10.00 (203.2 through 254.0)	100	2T	17	80	2T	16
Over 10.00 through 12.00 (254.0 through 304.8)	120	2T	18	100	2T	17
Over 12.00 through 16.00 (304.8 through 406.4)	160	2T	20	120	2T	18
Over 16.00 through 20.00 (406.4 through 508.0)	200	2T	21	160	2T	20

## 2.18 Pemilihan *Wire Identity* dan *Wire Diameter*

Setelah didapatkan nilai *wire type wire essential* atau *wire identity* maka selanjutnya menuju Table 2.4 dibawah berikun mengacu pada kurva.

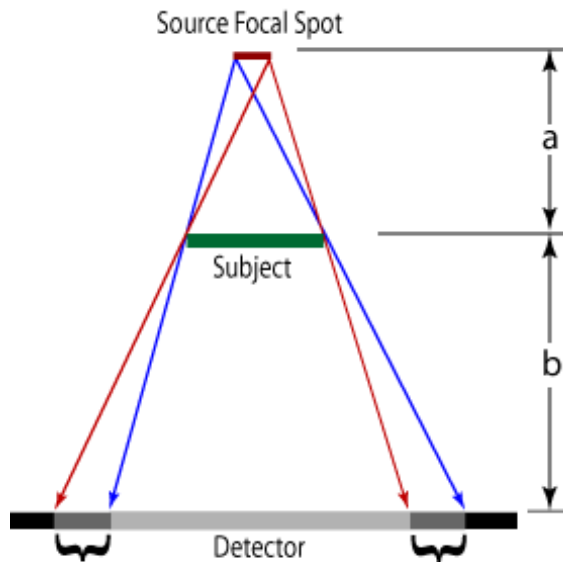
**Table 2.4** *Wire IQI designation, wire diameter, and wire identity*

Set A			Set B		
Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity		Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity	
0.0032 (0.08)	1		0.010 (0.25)	6	
0.004 (0.10)	2		0.013 (0.33)	7	
0.005 (0.13)	3		0.016 (0.41)	8	
0.0063 (0.16)	4		0.020 (0.51)	9	
0.008 (0.20)	5		0.025 (0.64)	10	
0.010 (0.25)	6		0.032 (0.81)	11	
Set C			Set D		
Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity		Wire Diameter, in. (mm)	Wire Identity	
0.032 (0.81)	11		0.100 (2.54)	16	
0.040 (1.02)	12		0.126 (3.20)	17	
0.050 (1.27)	13		0.160 (4.06)	18	
0.063 (1.60)	14		0.200 (5.08)	19	
0.080 (2.03)	15		0.250 (6.35)	20	
0.100 (2.54)	16		0.320 (8.13)	21	

Kemudian didapatkan data *wire diameter* berdasarkan data yang diperoleh pada tahap sebelumnya. *Wire diameter* menunjukkan ukuran cacat atau diskontinuitas terkecil yang dapat terlihat pada *film* radiografi tersebut. *Wire identity* menunjukkan nomor *wire* minimal yang muncul pada *film*.

### 2.19 Source Film Distance (SFD)

Setelah melakukan penentuan film dan pengukuran material maka dapat menghitung *source film distance*. Jenis dan bentuk benda kerja mempengaruhi penentuan *source film distance*. Contoh seperti benda kerja berbentuk plat dan pipa dimana benda kerja berbentuk plat memiliki variasi *source film distance* yang dapat diubah, sedangkan untuk benda kerja berbentuk pipa hanya teknik kontak yang dibolehkan. Perubahan SFD juga sangat mempengaruhi lama dari waktu penyinaran benda kerja.



Gambar 2.22 source film distance

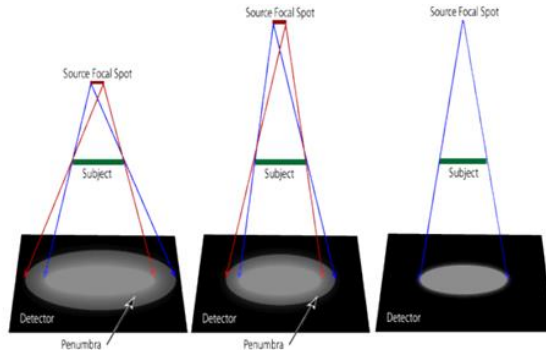
## 2.20 *Unsharpness Geometric*

Melakukan perhitungan *unsharpness geometric* berdasarkan persamaan pada klasifikasi *film*. Sebelum melakukan perhitungan tersebut tentukan nilai *source film distance* untuk mendapat nilai *source object distance* yang akan digunakan dalam perhitungan *unsharpness geometric* . Selanjutnya setelah nilai *unsharpness geometric* ditemukan maka kemudian lihat Table 2.5 Dibawah ini yang merupakan nilai batasan untuk nilai *unsharpness geometric* berdasarkan ketebalan material yang digunakan.

**Table 2.5** *Unsharpness geometric limitation*

<b>Material Thickness, in. (mm)</b>	<b><math>U_g</math> Maximum, in. (mm)</b>
Under 2 (50)	0.020 (0.51)
2 through 3 (50–75)	0.030 (0.76)
Over 3 through 4 (75–100)	0.040 (1.02)
Greater than 4 (100)	0.070 (1.78)

Bila *Unsharpness geometric* melebihi nilai maksimal maka harus dirubah lagi nilai *source film distance* yang digunakan agar didapatkan nilai  $U_g$  dibawah nilai maksimal tersebut. Karena bila melebihi nilai ketentuan maka bayangan *penumbra* terlalu besar dan berakibat susahnya mengukur ukuran cacat karena terjadi penghamburan. Prinsip dasar pembentukan bayangan tidak diikuti dengan benar, salah satu penyebab *Unsharpness geometric* atau ketidaktajaman geometris berhubungan dengan ukuran dari sumber radiasi. Jika sumber bukan berupa titik, namun berupa luasan, maka citra yang dihasilkan tidak tajam. Ketidak tajam sisi citra dinamakan “*Penumbra*”. *Penumbra* stidak dapat sepenuhnya dihilangkan karena sumber berupa titik tidak mungkin diperoleh dari peralatan radiografi, namun *penumbra* dapat dikurangi dengan cara memperbesar jarak sumber ke spesimen benda uji.



**Gambar 2.23 Penumbra**

Teknik yang sangat penting untuk mengurangi *penumbra* adalah menjaga jarak *film* terhadap specimen sedekat mungkin. Apabila *penumbra* dapat dikurangi, maka *definition* optimum akan diperoleh apabila:

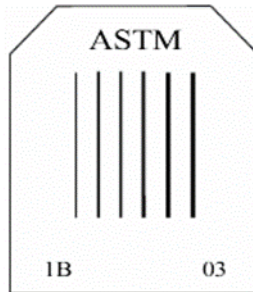
1. Sumber Radiasi berukuran kecil
2. Jarak dari sumber ke specimen relative besar atau jauh
3. Jarak dari specimen ke *film* dekat

## 2.18 Sensitivitas *Film* Radiografi

Sebelum *film* radiografi dipakai sebagai alat uji tanpa merusak, kita harus mengetahui seberapa akurat alat tersebut. Sensitivitas *film* radiografi adalah fungsi dari *contrast* dan *definition* dari *film* radiografi tersebut. Sensitivitas radiografi berhubungan dengan ukuran detail diskontinuitas terkecil yang dapat dilihat pada *film* hasil radiografi atau kemudahan gambar detail diskontinuitas terkecil untuk dapat dideteksi. Sensitivitas radiografi memiliki kualitas citra yang baik maka dapat mendeteksi diskontinuitas yang baik. Dalam setiap pengujian radiografi digunakan alat uji *standart* yang disebut penetrameter atau yang sering disebut *image quality indicator* (IQI). Pemilihan parameter dan penempatannya harus sesuai dengan *standart* yang

digunakan.

IQI ada 2 macam yaitu *wire* dan *hole* akan tetapi semakin seringnya penggunaan radiografi dalam pengujian sering sekali menggunakan type wire dikarenakan lebih praktis dan tentunya cepat tidak seperti halnya IQI hole karena harus terlebih dahulu mengukur tebal yang akan diuji dengan radiografi sehingga apabila ada perbedaan ketebalan maka diberi pemasangan ganjal IQI atau yang sering disebut “shims”, maka pengujian ini memilihlah IQI yang bermodelkan *wire* atau yang sering disebut kawat. Digunakan *standart* IQI ASTM/ASME yang terdiri atas 21 kawat, yang disusun menjadi 4 set dimana setiap set berisi 6 kawat, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.17.



**Gambar 2.24** Wire image quality indicator

Sensitivitas indikator kualitas bayangan tipe kawat adalah persentase perbandingan diameter kawat terkecil yang tergambar pada *film* hasil uji radiografi terhadap ketebalan material. Fungsi IQI antara lain:

1. Digunakan sebagai media pengukur tingkat kualitas radiografi
2. Menentukan kualitas gambar radiografi

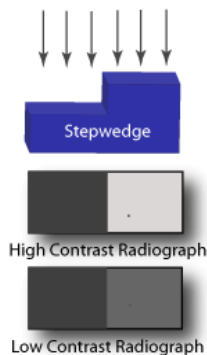


## 2.19 Densitas *Film Radiografi*

Densitas *film* radiografi ialah tingkat kegelapan pada *film* radiografi yang telah selesai diproses dan densitas radiografi dilakukan pada daerah pemeriksaan atau yang biasa disebut *area of interest* pada densitas minimal dan maksimal namun bukan pada tempat yang ditafsirkan sebagai sebuah diskontinuitas. *Film* radiografi dinyatakan memenuhi kualitas bila densitas yang diukur pada tempat-tempat diatas memiliki rentang tertentu, yang nilainya tergantung pada prosedur atau spesifikasi ataupun *standart* yang digunakan. Pada ASME Sec.V 2015 untuk *gamma-ray* mempunyai rentang nilai densitas 2 sampai 4. Sedangkan untuk *x-ray* 1.8 sampai 4.

## 2.20 *Contrast*

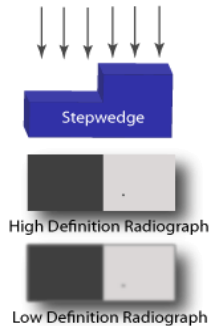
*Contrast* adalah perbandingan antara densitas *film* pada daerah-daerah yang berbeda pada *film* radiografi. Dan *contrast* ini kombinasi dari subyek *contrast* dan *film contrast*. Faktor-faktor didalam specimen yang mempengaruhi *contrast* dinamakan “Subyek *contrast*”.



**Gambar 2.25** *High dan low contrast*

### 2.21 Definition

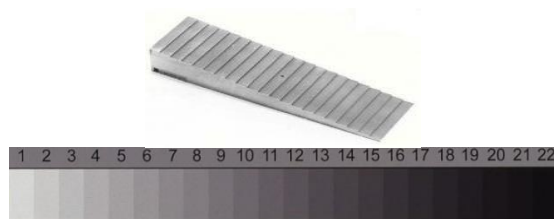
*Definition* adalah garis batas antara daerah-daerah yang densitasnya berbeda, jika citranya bersih dan tajam, *film* radiografi dikatakan memiliki *definition* yang bagus. Ketidak tajamannya disebabkan oleh elektron bebas yang dihasilkan oleh sinar radiografi saat melewati film.



**Gambar 2.26** High Low Definition

### 2.22 Latitude

*Latitude* adalah rentang ketebalan yang dapat dimunculkan dengan baik pada *film* radiografi. *Latitude* sangat berkaitan erat dengan *contrast*, namun dalam artian sebaliknya.



**Gambar 2.27** Stepwedge beserta latitude

Dapat dilihat pada Gambar 2.27 terdapat 22 jumlah rentang kegelapan atau densitas yang tentunya didapat dari memfoto *stepwedge*.

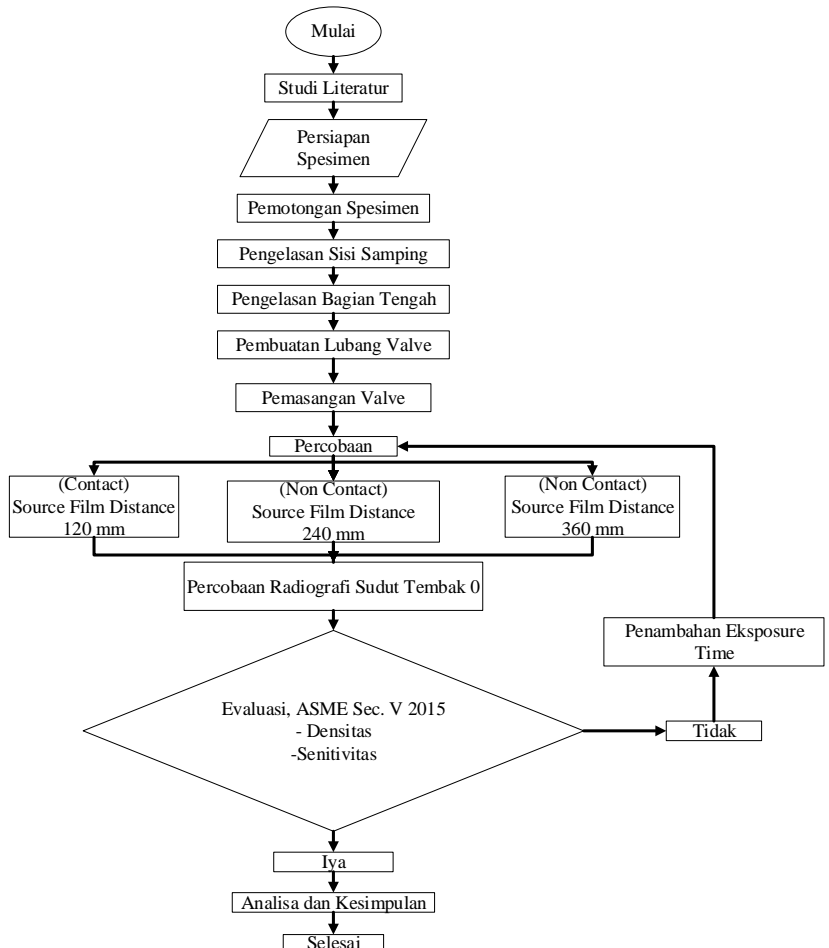




## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Metoda Penelitian

Pengerjaan dalam pembuatan tugas akhir mulai dari teori hingga persiapan bahan pengujian ini sesuai dengan flow chart, yang dilihat pada gambar 3.1 diagram di bawah ini.



**Gambar 3.1** Flow Chart Diagram

### **3.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian**

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2015/2016 yaitu pada bulan Februari sampai dengan Juni 2016.

### **3.3 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi Departemen Teknik Mesin ITS Fakultas Vokasi dan Lab pengujian NDT sebagai tempat analisis.

### **3.4 Langkah Kerja**

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini langkah pertama yang dilakukan adalah studi literatur tentang dasar pengelasan serta dilanjutkan pada fokus pengelasan pipa. Untuk proses analisis fokus pada literatur pengujian bahan NDT radiografi.

### **3.5 Studi Literatur**

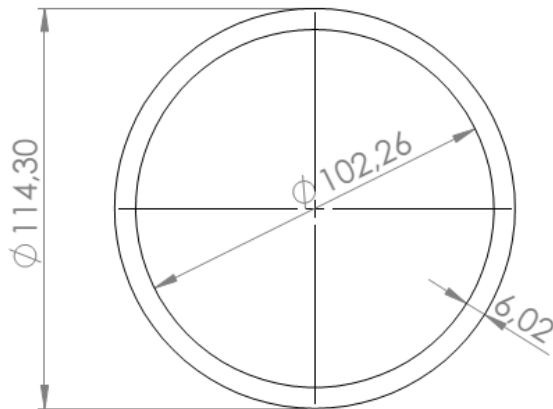
Studi literatur meliputi pengumpulan sumber-sumber referensi dan data yang dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan spesimen, pelaksanaan proses pengelasan, pengujian, dan penyelesaian laporan tugas akhir dan spesimen. laporan penelitian, beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek yang akan dibahas serta sumber-sumber lainnya.

### **3.6 Persiapan Alat dan Spesimen**

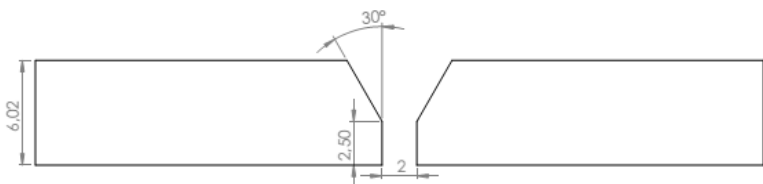
Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan material dan peralatan- peralatan yang mendukung untuk terlaksananya proses penelitian, mulai dari persiapan sebelum pengelasan, pelaksanaan pengelasan dan pengujiannya. Material dan peralatan yang perlu dipersiapkan antara lain:

### 3.6.1 Material

Material API 5L *seamless grade B NPS 4 schedule 40S* adalah material yang biasanya digunakan dalam pembuatan konstruksi dan juga untuk *pipeline*. Material ini yang akan digunakan sebagai spesimen dalam penelitian ini dengan dilas pada posisi 5G dengan rincian pipa dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Dimensi pipa NPS 4 schedule 40



**Gambar 3.3** Design bevel persiapan pengelasan



**Gambar 3.4** Pipa dengan *bevel* 30°

**Tabel 3.1** Logam Induk dan Pengisi

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	API 5L Grade B
Tebal	6,02 mm
Diameter	114,3 mm
Code filler	E 8018 B-2 dan E 8018 B-2
Filler metal diameter (mm)	3,2 mm dan 3,2 mm
Posisi pengelasan	5G
Bevel	30°

**Tabel 3.2** Parameter Pengelasan

Parameter	Layer	
Number/pass	1 ( <i>root</i> )	1 ( <i>fill &amp; capping</i> )
Proses	SMAW	SMAW
Travel speed,mm/min	1.5	1.4
Amperage	130	130
Voltage	27	27
Electrode diameter (mm)	3,2	3,2

### 3.6.2 Mesin las *shielded metal arc welding*

Mesin las *shielded metal arc welding* adalah las busur listrik dengan menggunakan elektroda berselaput flux. Fungsi *flux* pada pengelasan ini adalah membentuk



*slag* diatas hasil lasan yang berfungsi sebagai pelindung dari hasil lasan dari udara selama proses las berlangsung. Mesin tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



**Gambar 3.6** Mesin las dan tang amper



**Gambar 3.7** Hasil pengelasan

### 3.6.3 Gerinda tangan

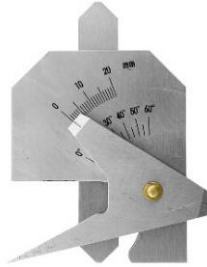
Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain. Gerinda tangan dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah berikut.



**Gambar 3.8** Gerinda Tangan

### 3.6.4 *Welding gauge*

*Welding gauge* merupakan suatu alat ukur untuk mempermudah pengukuran suatu hasil pengelasan. Tidak hanya untuk mengukur hasil lasan saja akan tetapi juga untuk inspeksi pengukuran cacat dalam hasil lasan, alat ukur ini sejatinya banyak bentuknya sesuai diklasifikasikan *american welding society* (AWS).



**Gambar 3.9** *Welding gauge*

### 3.6.5 Mesin radiografi *gamma-ray*

Radiografi digunakan untuk memeriksa cacat logam bagian dalam pada semua jenis bahan. Sinar *gamma-ray* dihasilkan dari sumber radioaktif yang didapat dari *radiosotop* suatu unsur yang memancarkan suatu sinar untuk menuju proses kestabilan. Kamera radiografi dapat dilihat pada Gambar 3.10 dibawah berikut.



**Gambar 3.10** Kamera radiografi *gamma-ray*

### 3.6.6 *Lead marker*

*Lead marker* digunakan untuk memberi tanda pada benda uji yang akan di tembak, yang berfungsi memberi tanda atau kode yang sama antara benda uji dan *film*. Tanda akan muncul pada saat *film* sudah dicuci, pemberian tanda ini supaya mudah untuk diidentifikasi. Lead marker dapat dilihat pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Lead Marker

### 3.6.7 Penetrameter

Berfungsi untuk mengetahui hasil dari proses radografi apakah memenuhi standart yang ada dengan parameter jumlah kawat yang terlihat pada film sesuai dengan hasil perhitungan. Dengan menggunakan penetrameter maka dapat juga ditentukan nilai sensitifitas hasil gambar pada film nantinya.



**Gambar 3.12** Penetrameter

### 3.6.8 Penggaris

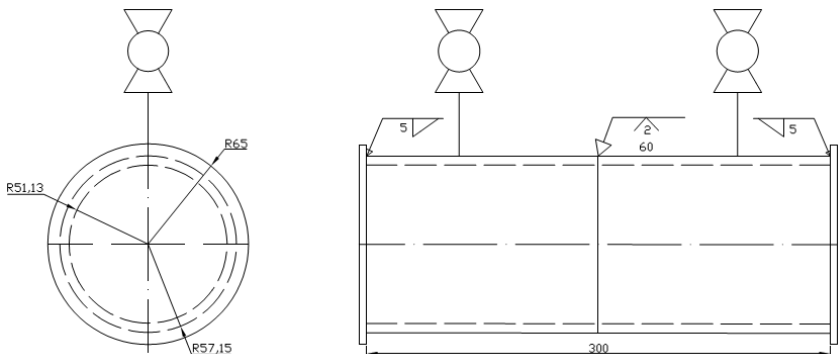
Digunakan untuk menentukan jarak *source film distance* (SFD) suatu penembakan radiografi yang akan digunakan, agar penempatan sumber tepat pada jarak yang sudah ditentukan dalam penelitian. Penggaris dapat dilihat Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Alat ukur (penggaris)

### 3.6.9 Produk las

Produk las material *seamless* API 5L Gr.B NPS 4 *schedule* 40 akan dilas pada sambungan *butt joint* yang diberi *groove single V* dengan sudut  $60^\circ$  pada posisi pengelasan 5G pada proses pengelasan *shielded metal arc welding*.



**Gambar 3.14** Dimensi Penyambungan Spesimen

### 3.6.10 Pencucian *film*

Pencucian *film* digunakan untuk mencuci atau pemrosesan *film* setelah proses radiografi dengan *gamma-ray* agar menjadi hasil *film* yang permanen. Dalam proses tersebut terdiri atas tempat penampungan cairan *developer*, cairan *fixer*, *stop bath* dan air. *Drying box* dan *red light* juga ikut melengkapi proses pencucian tersebut.

Cairan dalam satu proses *developer* dan *fixer* memiliki merek yang sama dengan *film* yang digunakan yaitu AGFA D7 karena setiap *film* dan cairan tertentu memiliki karakter tersendiri sehingga perlu ada perhatian khusus. *Red light* digunakan pada ruangan gelap karena cahaya merah memiliki panjang gelombang terbesar dan frekuensinya yang terpendek diantara cahaya lain. Oleh karena itu, *red light* tersebut tidak akan merusak *film* yang belum diproses.

### 3.6.11 *Viewer*

*Viewer* ini adalah suatu peralatan yang dirancang untuk membantu dan mempermudah dalam membaca ataupun menginterpretasi *film* radiografi. Dalam *viewer* ini pencahayaan dapat diatur untuk menginterpretasi cacat pada *film* radiografi tersebut. Alat *viewer* dapat dilihat pada Gambar 3.15 dibawah berikut.



**Gambar 3.15** *Viewer film radiografi*

### 3.6.12 Densitometer

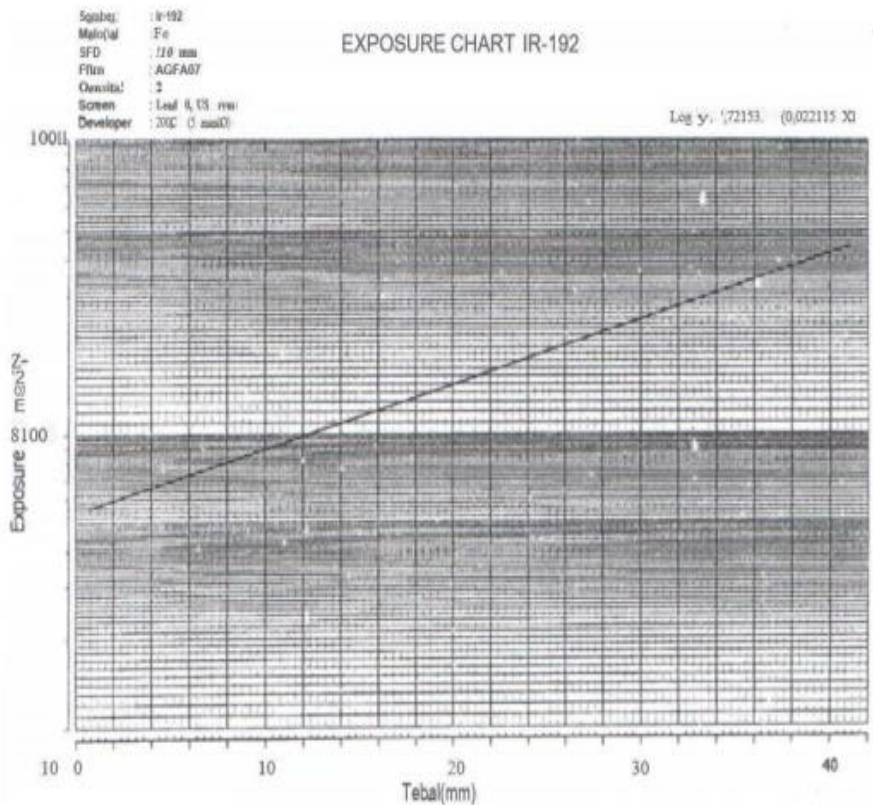
Densitometer adalah sebuah peralatan ilmiah yang dirancang untuk mengukur tingkat kehitaman suatu *film* radiografi dengan *output* menunjukkan suatu angka tingkat kehitaman atau densitas suatu hasil film yang sudah mengalami pencucian. Densitometer dapat dilihat pada Gambar 3.16 dibawah berikut.



**Gambar 3.16** Densitometer

### 3.7 *Exposure Chart*

Dalam penelitian ini digunakan sumber yaitu Ir 192. Untuk *exposure time* yang digunakan mengacu pada kurva penyinaran *exposure chart* iridium-192. Dengan SFD 610 mm dan suatu persamaan  $\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 (x)$ , dimana (x) adalah tebal suatu material. Untuk lebih jelasnya kurva penyinaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.17. Untuk garis absis merupakan ketebalan material yang akan ditembak sedangkan garis kordinat merupakan aktifitas sumber dalam satuan (Ci menit). Kurva penyinaran diatas memiliki parameter yang cukup banyak agar dapat menghasilkan nilai densitas pada film. Mulai dari jenis film yang digunakan, intensifying screen, source film distance.

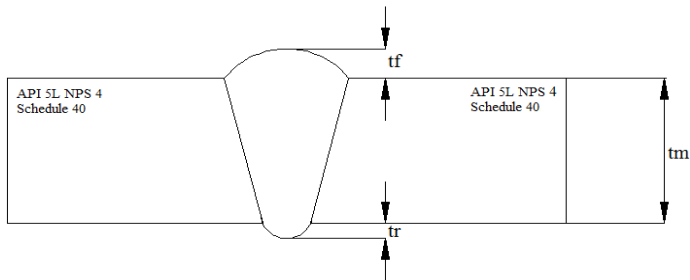


**Gambar 3.17** Exposure chart Ir-192

### 3.8 Pengukuran tebal pipa

Prosedur percobaan yang pertama kali dilakukan adalah melakukan pengukuran pada material uji, yaitu pengukuran  $t_f$ ,  $t_m$  dan  $t_r$ , yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari  $t_w$ . Pengukuran tebal pipa dapat dilihat lebih rinci pada Gambar 3.18 berikut. Dimana hasil perhitungan nantinya berhubungan dengan besar kecil jarak pencahayaan yang optimal.





**Gambar 3.18** Pengukuran material

### 3.9 Menentukan tebal pipa

Menentukan suatu ketebalan pipa sewaktu dilakukannya pengujian radiografi sangatlah penting karena bila melakukan kesalahan penentuan ketebalan maka akan terjadi ketidak sesuaian *standart*, maka dari itu pentingnya ketepatan dalam menentukan ketebalan sesuai persyaratan *standart* yang mengatur tentang pengujian tersebut yaitu dengan menggunakan suatu rumus ketentuan yang digunakan pada acuan *standart* yang dilihat pada Table 3.3 berikut ini.

**Table 3.3** Rumus perhitungan tebal keseluruhan

Determine	Plate	Pipe < OD 3,5"	Pipe > OD 3,5"
Unsharpness geometric	$tw = tm + tf + tr$	$tw = OD + 2tf$	$tw = tm + tf + tr$
Image quality indicator	$tw = tm + tf + tr$	$tw = tm + tf + tr$	$tw = tm + tf + tr$
Exposure time	$tw = tm + tf + tr$	$tw = 2(tm + tf + tr)$	$tw = 2(tm + tf + tr)$

Formula dari Table 3.3 didapatkan dari standart acuan penelitian ini dengan code ASME Sec.V 2015.

Dimana:

- $tw$  : Tebal keseluruhan (mm)  
 $tm$  : Tebal material (mm)

tf : Tebal *face* (mm)  
tr : Tebal *root* (mm)  
OD : *Outside diameter* (mm)

Perhitungan ketebalan material API 5L *seamless grade B* NPS 4 *schedule 40* dapat ditentukan dengan berbagai kebutuhan perhitungan untuk menentukan *Unsharpness geometric*, *Image quality indicator*, dan *Exposure time* sebagai berikut.

$$tw = tm + tf + tr$$

$$tw = 6,02 \text{ mm} + 3 \text{ mm} + 0 \text{ mm}$$

$$tw = 9,02 \text{ mm}$$

Apabila untuk kebutuhan mencari nilai *exposure time* maka tebal keseluruhan tersebut dikali 2 karena menggunakan juga metoda *double wall single viewing* dapat dilihat sebagai berikut.

$$tw = 2 (tm + tf + tr)$$

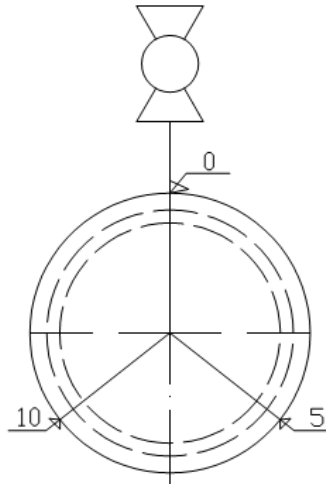
$$tw = 2 \times tw$$

$$tw = 2 \times 9,02 \text{ mm}$$

$$tw = 18,04 \text{ mm}$$

### 3.10 Posisi Penembakan

Berdasarkan standar ASME *section V* artikel 2.T-271, untuk OD nominal lebih besar dari 3,5 inchi maka digunakan teknik DWSI *contact (Double wall Single Image)*. Pemasangan film dilakukan dengan 3 posisi yaitu posisi samping kanan (0-5), posisi tengah bawah (5-10), dan posisi samping kiri (10-0). Posisi ditentukan berdasarkan posisi film sehingga memudahkan pemilik benda kerja untuk mencari lokasi cacat yang harus dibenahi. Gambar 3.19 merupakan teknik pemasangan sumber pada masing-masing posisi.



**Gambar 3.19** Pembagian Sudut Penembakan

### 3.11 *Source Film Distance*

Dalam menentukan jarak penembakan atau bias disebut dengan *source film distance* yang ditentukan pada penelitian yaitu (*contact*) dan SFD 2X (*contact*) dan 3X (*contact*) yang dilakukan pada jarak sebagai berikut:

#### 1. *Contact*

Yang didapat dari 1X ø pipa + (2 x tf)

*Source film distance*  $114,30 + (2 \times 3) = 120,3 \text{ mm}$ , aktual 120 mm.

#### 2. SFD 2X (*contact*)

Yang didapat dari 2X (*contact*)

*Source film distance* 2X (120) = 240 mm, aktual 240 mm.

### 3. SFD 3X (*contact*)

Yang didapat dari 3X (*contact*)

*Source film distance* 3X (120) = 360 mm, aktual 360 mm.

Dari langkah inilah kita dapat menentukan suatu nilai *exposure time* setelah kita menentukan suatu *source film distance* yang sudah diatur dalam penelitian ini, dengan cara menggunakan suatu rumus yang akan digunakan untuk mencari nilai suatu *exposure time* dalam penelitian ini agar mendapatkan hasil yang memenuhi syarat keberterimaan berikut rumus tersebut.

$$ET = \left( \frac{\text{SFD Aktual}}{\text{SFD Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

Dimana

ET : *Exposure time* (menit)

E : Faktor *exposure time* (Ci menit)

A : Aktifitas sumber (Ci)

Selain rumus diatas, ada juga rumus yang digunakan oleh beberapa lembaga untuk menentukan lama penyinaran. Dapat dikatakan sebagai rumus lapangan, hal ini dikarenakan efisiensi waktu pekerjaan. Setiap lembaga memiliki cara tersendiri dalam menentukannya. Hasil yang ada terpaut sedikit dengan rumus perhitungan diatas.

### 3.12 Sumber Radiasi

Dalam melakukan penelitian ini digunakan *radiosotop* Ir-192 dengan aktivitas 13 *curie*. dengan penentuan faktor *exposure time* yang dapat dilihat pada gambar grafik atau bisa juga

ditentukan oleh suatu persamaan logaritma yang terdapat pada Gambar 3.17.

$$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115 (x)$$

$$\text{Log } E = 1,72153 + 0,022115(18,04)$$

$$\text{Log } E = 2,12$$

$$E = 132 \text{ Curie Menit}$$

### 3.13 Penentuan *Film*

Dalam melakukan penelitian ini digunakan *film* sedang dengan spesifikasi AGFA *structurix* D7 termasuk dalam kategori film berkecepatan sedang yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 menggunakan.

Screen depan : 0,125 mm Pb

Screen belakang : 0,125 mm Pb



**Gambar 3.20** Screen beserta holder film

### 3.14 Penentuan *Source Film Distance* Minimal

Penentuan SFD minimal ini digunakan untuk memastikan bahwa penggunaan *contact technique* masih diijinkan dalam penelitian ini dengan formula.

$$SFD = \left( \frac{Fxt}{Ug\ max} \right) + t$$

$$SFD = \left( \frac{3,72 \times 9,02}{0,51} \right) + 9,02$$

$$SFD = 74,8$$

### 3.15 Penentuan *Exposure Time*

Setelah mendapatkan data-data mulai dari *source film distance* yang kita tentukan dan faktor *exposure* barulah kita dapat menentukan lama *exposure time* tersebut masing-masing SFD yang ditentukan dengan rumus berikut:

1. DWSV (*contact*) 120 mm

$$ET = \left( \frac{SFD\ Aktual}{SFD\ Kurva} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$ET = \left( \frac{120}{610} \right)^2 \times \frac{132}{13}$$

$$ET = 0,38\ menit$$

$$ET = 23\ detik$$

2. DWSV 2X (*contact*), *source film distance* 240 mm

$$ET = \left( \frac{SFD \text{ Aktual}}{SFD \text{ Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$ET = \left( \frac{240}{610} \right)^2 \times \frac{132}{13}$$

$$ET = 1,57 \text{ menit}$$

$$ET = 94 \text{ detik}$$

3. DWSV 3X (*contact*), *source film distance* 360 mm

$$ET = \left( \frac{SFD \text{ Aktual}}{SFD \text{ Kurva}} \right)^2 \times \frac{E}{A}$$

$$ET = \left( \frac{360}{610} \right)^2 \times \frac{132}{13}$$

$$ET = 3,54 \text{ menit}$$

$$ET = 212 \text{ detik}$$

### 3.16 Perhitungan *Unsharpness Geometric*

Dilakukan perhitungan *Unsharpness Geometric* ini diperlukan untuk memastikan *source film distance* dalam penelitian ini masih masuk dalam *Unsharpness Geometric* batas maksimum yang ditentukan oleh ASME Sec.V 2015.

1. DWSV (*contact*) 120 mm

$$Ug = \frac{F \times t}{SFD - t}$$

$$Ug = \frac{3,72 \times 9,02}{120 - 9,02}$$

$$Ug = 0,30$$

2. DWSV 2X (*contact*), *source film distance* 240 mm

$$Ug = \frac{F \times t}{SFD - t}$$

$$Ug = \frac{3,72 \times 9,02}{240 - 9,02}$$

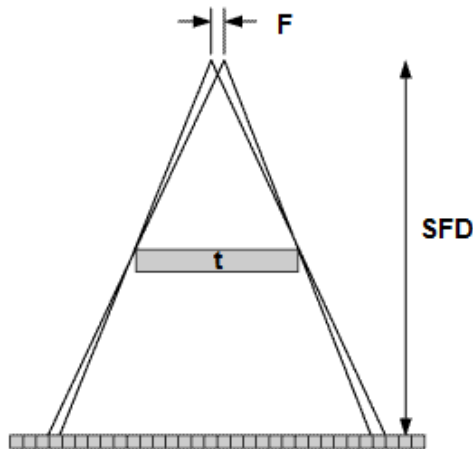
$$Ug = 0,14$$

3. DWSV 3X (*contact*), *source film distance* 360 mm

$$Ug = \frac{F \times t}{SFD - t}$$

$$Ug = \frac{3,72 \times 9,02}{360 - 9,02}$$

$$Ug = 0,09$$

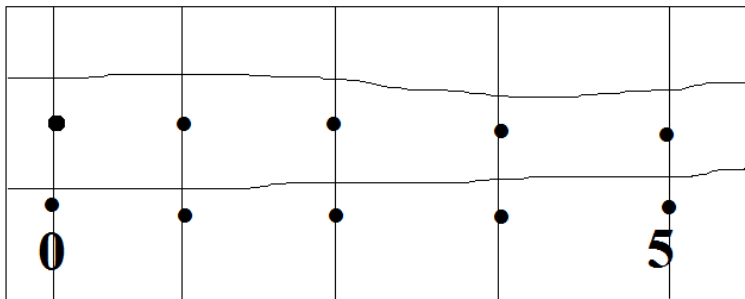


**Gambar 3.21** Penjelasan Rumus Ug



### 3.17 Penentuan Nilai Densitas

Dalam menentukan nilai densitas pada film maka di lakukan metode pengambilan rata-rata dengan menempelkan densitometer di beberpaa titik sebagai acuan pengambilan nilai. Mulai dari base metal, weld metal dan *unsharpness geometric area*. Dari ketiga bagian akan dibagi 5 titik. Maka dari beberapa titik tersebut di dapat perubahan dari nilai yang nanti akan di rata-rata menjadi nilai total dari lingkaran pipa di setiap bidang weld metal, base metal dan *unsharpness geometric*



**Gambar 3.22** Pembagian titik acuan film

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana pengaruh *source film distance* (SFD) terhadap implementasi hasil gambar pada film pengujian radiografi *gamma ray* 192. Pertama yang dilakukan ialah pengujian dengan jarak standart yaitu kontak ujung *guide tube gamma ray*. Lalu diteruskan dengan jarak 240mm dan 360mm. Dengan keseluruhan sudut sumber pencahayaan ialah  $0^0$  Dari 3 pengujian tersebut ditetapkan nilai sesifitas sebagai patokan yang tidak diubah. Yaitu sensitifitas 5 kawat, dimana jumlah tersebut sudah mewakili ketelitian hasil pencahayaan dari 3 jarak yang di manipulasi sebagai penelitian.

Parameter pengelasan yang dianalisis sengaja dibuat memiliki cacat agar memudahkan analisis radiografi dimana pemilihan elektroda las yang dipilih dengan kekuatan diatas spesifikasi base metal.

### 4.1 Parameter Pengelasan

**Tabel 4.1** Logam Induk Uji

NAMA	KETERANGAN
Material Spesification	API 5L Grade B
Tebal	6,02 mm
Diameter	114,3 mm
Filler metal diameter	3,2 mm
Posisi pengelasan	5G

**Tabel 4.2** Parameter Pengelasan

Proses	SMAW
Layer number/pass	2
Travel speed	1.5 mm/s
Amperage	130 A
Voltage	27 volt
Electrode diameter	3,2 mm

**Tabel 4.3** Heat Input

Type Electroda	Arus (I)	Voltase (E)	Travel speed (V)	Heat Input (HI)
E 8018 B-2 Diameter 3,2	130 Ampere	27 Volt	1.5 mm/s	2340 J/mm

## 4.2 Pengambilan Gambar

### 4.2.1 SFD 120 mm Penembakan Normal

Penembakan normal terukur dari diameter spesimen (pipa) serta ketebalan lasan.



**Gambar 4.1** SFD 120 mm Kontak normal

#### 4.2.2 SFD 240 mm

Penembakan dengan jarak sumber *guide tube* ke permukaan film ialah 240mm, terukur dengan penggaris.



**Gambar 4.2** SFD 240 mm

#### 4.2.3 SFD 360 mm

Penembakan dengan jarak sumber *guide tube* ke permukaan film ialah 360 mm, terukur dengan penggaris.



**Gambar 4.3** SFD 360 mm

## 4.2 Pencucian Film Radiografi

Setelah pengujian radiografi telah selesai semua *film* harus memasuki proses pencucian *film* agar menghasilkan citra laten. Karena saat radiasi menembus *film*, *film* terekspose karena sinar *gamma* mengionisasi butiran-butiran kecil perak bromida ( $\text{AgBr}$ ) didalam emulsi *film*. Mulai dari *developer*, *stopbath*, *fixer* dan pencucian dengan air bersih yang mengalir karena apabila tidak mengalir akan dapat menimbulkan kotoran-kotoran yang terbawa oleh air yang menggenang. Table 4.4 dapat menjelaskan lama waktu masing-masing pemrosesan yang digunakan untuk memproses *film-film* tersebut.

Dalam pencucian *film* ini dilakukan dengan cara bersamaan jadi jelas akan mendapatkan proses treatment yang satu wadah dan satu waktu dalam pencucian *film* untuk menghindari perbedaan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi duatu hasil *film* radiografi.

**Table 4.4** Lama waktu pemrosesan *film*

CONDITION	DEVELOPER	STOPBATH	FIXER	WASHING
Normal	180 Detik	60 Detik	30 Detik	30 Detik

## 4.3 Hasil Densitas

Dalam pengambilan data densitas di bagi menjadi 3 baris yaitu weld metal, base metal dan *unsharpness geometric*. Dengan pembagian 5 kolom . Sehingga total menjadi 15 titik untuk satu film. Hal ini dimaksud agar daat diketahui perubahan densitas yang terjadi pada film secara teliti.

**Tabel 4.5** Hasil densitas SFD 120 mm

Ug			Weld Metal			Base Metal			Posisi
0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	
3,1	3,14	2,61	2,94	3,19	2,48	3,12	3,2	2,66	0
3,06	3,08	2,58	2,81	3,02	2,54	3,09	3,1	2,87	1
2,99	2,8	2,6	2,91	2,75	2,49	3,06	2,8	2,84	2
3,05	2,58	2,6	3,08	2,48	2,46	3,15	2,66	2,88	3
3,16	2,54	2,59	2,97	2,47	2,55	3,19	2,58	2,83	4
3,072	2,828	2,596	2,942	2,782	2,504	3,122	2,868	2,816	Rata-rata Posisi
2,832			2,742666667			2,935333333			Rata-rata Melingkar

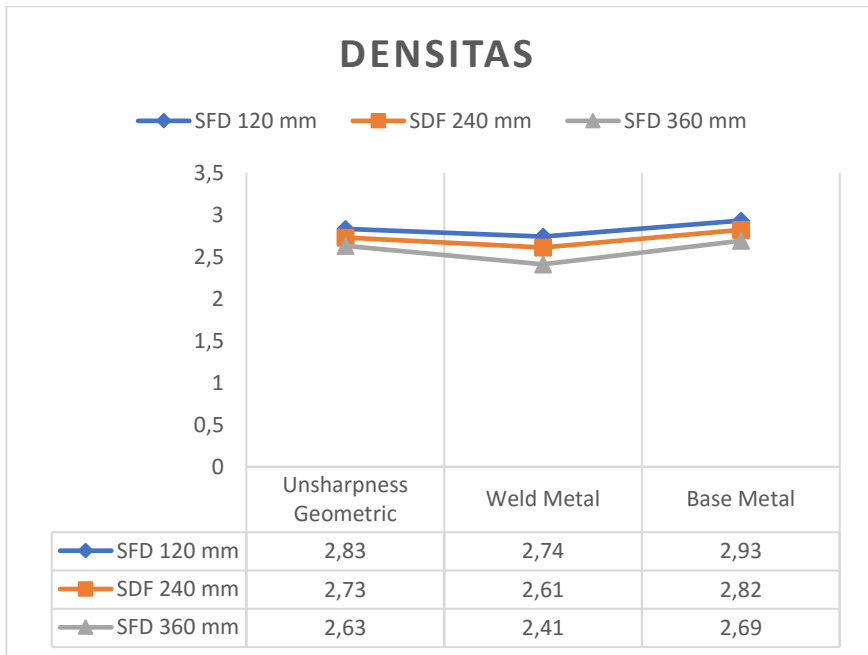
**Tabel 4.6** Hasil densitas SFD 240 mm

Ug			Weld Metal			Base Metal			Posisi
0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	
2,14	2,26	2,18	1,91	2,14	1,91	2,12	2,36	2,11	0
3,2	3	2,79	2,89	2,82	2,55	3,23	2,86	3,1	1
3,08	3,02	2,56	3,02	2,94	2,43	3,38	3,12	2,9	2
3,06	2,97	2,64	3,11	3,06	2,82	3,24	3,15	2,75	3
2,79	2,64	2,73	2,57	2,29	2,71	2,88	2,42	2,72	4
2,854	2,778	2,58	2,7	2,65	2,484	2,97	2,782	2,716	Rata-rata Posisi
2,737333333			2,611333333			2,822666667			Rata-rata Melingkar

**Tabel 4.7** Hasil densitas SFD 360m

Ug			Weld Metal			Base Metal			Posisi
0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	
1,85	1,71	1,77	1,69	1,62	1,63	1,83	1,78	1,78	0
2,82	3,04	2,79	2,55	2,57	2,4	2,9	3,08	2,85	1
3,07	3,13	2,92	2,78	2,99	2,78	3,17	3,18	3	2
3,15	2,75	2,91	2,86	2,65	2,78	3,17	2,84	2,98	3
2,9	2,24	2,54	2,59	1,98	2,38	2,93	2,21	2,7	4
2,758	2,574	2,586	2,494	2,362	2,394	2,8	2,618	2,662	Rata-rata Posisi
2,639333333			2,416666667			2,693333333			Rata-rata Melingkar

Dari beberapa titik pada kolom diatas dibuat lebih ringkas untuk mempermudah pemahaman dengan arah nilai densitas akan mewakili lingkaran pada pipa.



**Gambar 4.4** Bagan nilai densitas

## 4.4 Hasil Sensitivitas

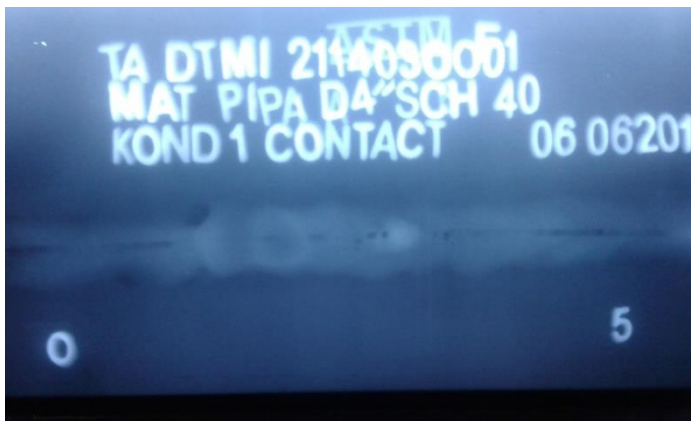
Dalam pengujian radiografi ini didapatkan hasil sensitivitas dengan melihat jumlah *wire* yang muncul dari *film* radiografi ditunjukkan pada Table 4.6. Angka pada kolom sensitifitas menunjukkan nomer kawat yang muncul dan sudah ditentukan melalui standart ASME T-276 dan jumlah kawat yang terlihat jelas adalah angka 5 dan 6.

**Table 4.8** Hasil sensitivitas pada kondisi normal

VARIABEL	EXPOSURE TIME (S)	EVALUASI SENSITIVITAS	RESULT FILM	
			ACC	REJECT
Contact 120 mm	23	5 Wire	√	
SFD 240 mm	94	5 Wire	√	
SFD 360 mm	212	5 Wire	√	

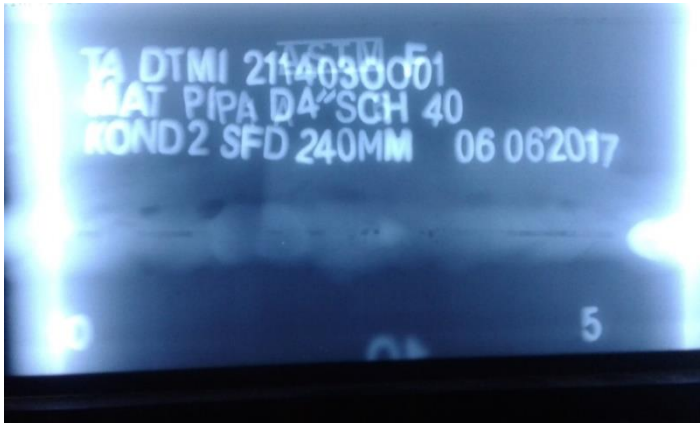
#### 4.5 Hasil Film

Benda yang diuji dengan diameter diatas 3,5 inchi pada sesuai standart ialah *source film distance* yang di lakukan ialah kontak dengan guide tube. Tetapi pada penelitian ini yang dilakukan ialah merubah *source film distance*. Hasil pengambilan gambar pada pengujian pipa dapat di lihat pada gambar 4.6 dan 4.7

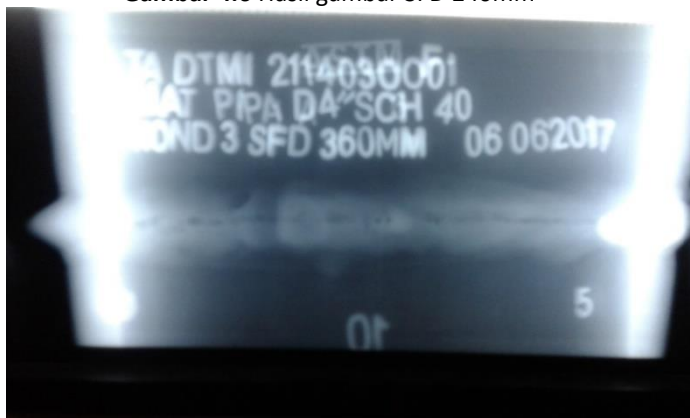


**Gambar 4.5** Hasil gambar SFD 120mm

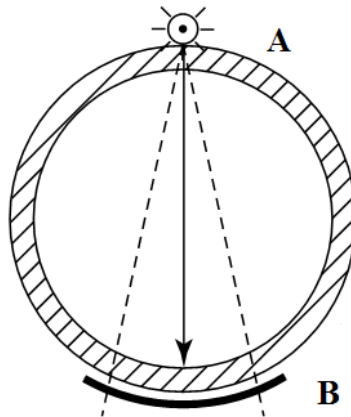




**Gambar 4.6** Hasil gambar SFD 240mm



**Gambar 4.7** Hasil gambar SFD 360 mm



**Gambar 4.8** Sisi pada pipa

Hasil gambar menjelaskan bahwa dengan perubahan *source film distance* pada pipa, membuat hasil gambar tertumpuk. Gambar 4.5 terlihat jelas hasil pengambilan gambar benda uji beserta cacatnya. Dibanding dengan gambar 4.6 sudah mulai terlihat penumpukan gambar dari sisi yang terdekat dengan sumber dengan terlihatnya kode pada sisi yang lain. Hal ini dikarenakan faktor *source film distance* dan *Unsharpnes geometri*. Gambar 4.7 posisi B Dengan *source film distance* yang jauh maka *Unsharpnes geometri* akan mengecil dan sebliknya. Jika pada kasus gambar diatas jika *source film distance* kontak, maka sisi terjauh dari sumber akan terlihat jelas karena *Unsharpnes geometri* lebih kecil dari sisi terdekat dengan sumber.

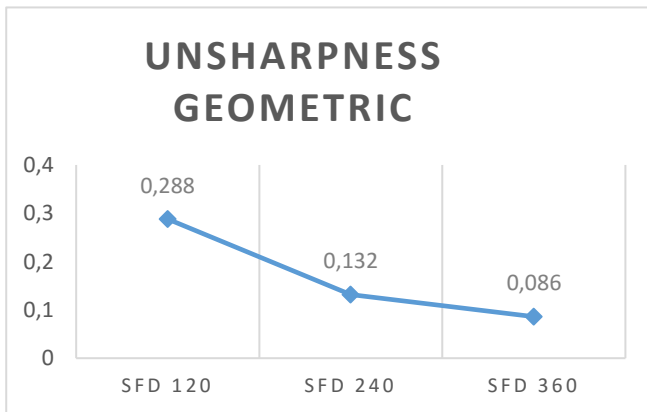
#### **4.6 *Unsharpness Geometric***

Dengan perubahan *Source film distance* membuat ukuran *unsharpness geometric* berubah. Berikut ialah hasil dari perubahan ukuran *unsharpness geometric* pada bahan uji pipa. API 5L Grade B diameter 4 inchi.

**Tabel 4.9** Ukuran *unsharpness geometric*

SFD 120 mm			SFD 240 mm			SFD 360 mm			Posisi
0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	0-5	5-10	10-0	
0,28	0,28	0,28	0,14	0,12	0,14	0,09	0,08	0,09	0
0,28	0,3	0,28	0,12	0,14	0,12	0,08	0,08	0,09	1
0,3	0,28	0,3	0,14	0,12	0,12	0,08	0,09	0,09	2
0,28	0,3	0,3	0,12	0,14	0,14	0,09	0,09	0,08	3
0,3	0,28	0,28	0,14	0,14	0,14	0,09	0,08	0,09	4
0,288	0,288	0,288	0,132	0,132	0,132	0,086	0,084	0,088	
0,288			0,132			0,086			

Dari beberapa titik pengambilan data *unsharpness geometric* dibuat menjadi lebih ringkas sehingga mewakili lingkaran pada pipa untuk kemudahan proses pemahaman. Terlihat pada gambar 4.9 dimana nilai *unsharpness geometric* mengalami penurunan searah dengan naiknya jarak *source film distance*. Hal ini dikarenakan dengan semakin jauh jarak pencahayaan sumber maka lebar penumbra atau penghamburan resolusi gambar semakin kecil.



**Gambar 4.9** Bagan nilai *unsharpness geometric*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa data mengenai pengaruh *source film distance* terhadap benda uji pipa API 5L grade B berdiameter 4 inchi dapat disimpulkan bahwa:

1. Perubahan *source film distance* pada pipa diatas 3,5 inchi tidak ada dalam standart ASME V karena hasil pada film yang terjadi ialah tumbukan antar gambar hasil pencahayaan.
2. Densitas pada film berkurang seiring bertambahnya *source film distance*. Pada *source film distance* kontak densitasnya ialah 2,68, pada jarak 240 mm 2,28, pada jarak 360 mm 1,93 untuk nilai terkecilnya. kontak densitasnya ialah 3, pada jarak 240 mm 3,31, pada jarak 360 mm 2,95 untuk nilai terbesarnya.
3. Pada pengamatan pembagaian baris dan kolom setiap film diketahui bahwa pada weld metal memiliki densitas terendah dan base metal memiliki nilai densitas tertinggi. Diantara keduanya terdapat bagian *Unsharpness Geometric* yang memiliki nilai densitas antara weld dan base metal. Hal ini dikarenakan bagian yang tak terkena pancaran cahaya secara maksimal saat proses *eksposure time*.
4. Nilai *Unsharpness Geometric* mengalai penurunan seiring naiknya jarak *source film distance*. Hal ini dikarenakan Hal ini dikarenakan dengan semakin jauh jarak pencahayaan sumber maka lebar penumbra atau penghamburan resolusi gambar semakin kecil

5. Nilai sensitivitas mengalami penetapan dimana kawat nomer 5 tetap terlihat meski terjadi perubahan *source film distance*. Hal ini dikarenakan *eksposure time* dan pencucian yang tepat.

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut:

1. Pada penelitian ini sebaiknya menggunakan benda kerja berbentuk plat. Untuk mempermudah pengambilan data serta kejelasan gambar pada film.
2. Untuk perhitungan distorsi pada film lebih mudah menggunakan x-ray dalam pengambilan data.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Wiryosumarto, Harsono Prof. Dr. Ir dan Okumura Toshie Prof. Dr. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT pradnya Paramita.
2. ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section V, Non Destructive Examination. New York.
3. General Electric Company. 2006. Industrial Radiography. [www.geinspectiontechnologies.com/en/2017/05](http://www.geinspectiontechnologies.com/en/2017/05).
4. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Badan Tenaga Nuklir Nasional. 2008. Teknik Radiografi level 1.

AWS Classification <sup>a</sup>		UNS		Weight Percent <sup>b</sup>							Additional Elements <sup>c,d</sup>	
A5.5	A5.5M	Number <sup>d</sup>	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	Type	Amt.
Carbon-Molybdenum Steel Electrodes												
E7010-A1	E4910-A1	W17010	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7011-A1	E4911-A1	W17011	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7015-A1	E4915-A1	W17015	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7016-A1	E4916-A1	W17016	0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7018-A1	E4918-A1	W17018	0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7020-A1	E4920-A1	W17020	0.12	0.60	0.40	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
E7027-A1	E4927-A1	W17027	0.12	1.00	0.40	0.03	0.03	-	-	0.40-0.65	-	-
Chromium-Molybdenum Steel Electrodes												
E8016-B1	E5516-B1	W51016	0.05-0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	-	0.40-0.65	0.40-0.65	-	-
E8018-B1	E5518-B1	W51018	0.05-0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	-	0.40-0.65	0.40-0.65	-	-
E8015-B2	E5515-B2	W52015	0.05-0.12	0.90	1.00	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E8016-B2	E5516-B2	W52016	0.05-0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E8018-B2	E5518-B2	W52018	0.05-0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E7015-B2L	E4915-B2L	W52115	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E7016-B2L	E4916-B2L	W52116	0.05	0.90	0.60	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E7018-B2L	E4918-B2L	W52118	0.05	0.90	0.80	0.03	0.03	-	1.00-1.50	0.40-0.65	-	-
E9015-B3	E6215-B3	W53015	0.05-0.12	0.90	1.00	0.03	0.03	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-	-
E9016-B3	E6216-B3	W53016	0.05-0.12	0.90	0.60	0.03	0.03	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-	-
E9018-B3	E6218-B3	W53018	0.05-0.12	0.90	0.80	0.03	0.03	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-	-
E8015-B3L	E5515-B3L	W53115	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-	-
E8018-B3L	E5518-B3L	W53118	0.05	0.90	0.80	0.03	0.03	-	2.00-2.50	0.90-1.20	-	-
E8015-B4L	E5515-B4L	W53415	0.05	0.90	1.00	0.03	0.03	-	1.75-2.25	0.40-0.65	-	-
E8016-B4L	E5516-B4L	W51316	0.07-0.15	0.40-0.70	0.30-0.60	0.03	0.03	-	0.40-0.60	1.00-1.25	V	0.05
E8015-B6	E5515-B6	W50215	0.05-0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0-6.0	0.45-0.65	-	-
E8016-B6	E5516-B6	W50216	0.05-0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0-6.0	0.45-0.65	-	-
E8018-B6	E5518-B6	W50218	0.05-0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0-6.0	0.45-0.65	-	-
E8016-B6	E6218-B6	W50219	0.05-0.10	1.0	0.90	0.03	0.03	0.40	4.0-6.0	0.45-0.65	-	-

# Lampiran 3 Spesifikasi kawat las E XX XX

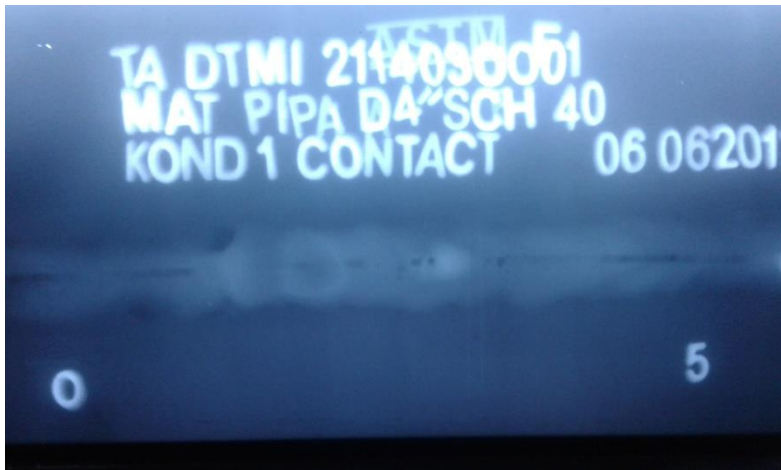
**Table 1**  
**Electrode Classification**

AWS Classification <sup>a</sup>		Type of Covering	Welding Positions for Classification <sup>b</sup>	Type of Current <sup>c</sup>
A5.5	A5.5M			
E7010-X	E4910-X	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E7011-X	E4911-X	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E7015-X <sup>d,e</sup>	E4915-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E7016-X <sup>d,e</sup>	E4916-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E7018-X <sup>d,e</sup>	E4918-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium, iron powder <sup>f</sup>	F, V, OH, H	ac or deep
E7020-X	E4920-X	High iron oxide	H-fillets F	ac or deep
E7027-X	E4927-X	High iron oxide, iron powder <sup>f</sup>	H-fillets F	ac or deep
E8010-X	E5510-X	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E8011-G	E5511-G	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E8013-G	E5513-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E8015-X <sup>d,e</sup>	E5515-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E8016-X <sup>d,e</sup>	E5516-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E8018-X <sup>d,e</sup>	E5518-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium, iron powder <sup>f</sup>	F, V, OH, H	ac or deep
E8045-P2 <sup>d,e</sup>	E5545-P2 <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, OH, H, V-down	deep
E9010-G	E6210-G	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E9010-X	E6210-X	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E9011-G	E6211-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E9013-G	E6213-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E9015-X <sup>d,e</sup>	E6215-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E9016-X <sup>d,e</sup>	E6216-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E9018-X <sup>d,e</sup>	E6218-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium, iron powder <sup>f</sup>	F, V, OH, H	ac or deep
E9018M <sup>d,e</sup>	E6218M <sup>d,e</sup>	Iron powder, low hydrogen <sup>f</sup>	F, V, OH, H	deep
E9045-P2 <sup>d,e</sup>	E6245-P2 <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, OH, H, V-down	deep
E10010-G	E6910-G	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E10011-G	E6911-G	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E10013-G	E6913-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E10015-X <sup>d,e</sup>	E6915-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E10016-X <sup>d,e</sup>	E6916-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E10018-X <sup>d,e</sup>	E6918-X <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium, iron powder <sup>f</sup>	F, V, OH, H	ac or deep
E10018M <sup>d,e</sup>	E6918M <sup>d,e</sup>	Iron powder, low hydrogen <sup>f</sup>	F, V, OH, H	deep
E10045-P2 <sup>d,e</sup>	E6945-P2 <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, OH, H, V-down	deep
E11010-G	E7610-G	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E11011-G	E7611-G	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E11013-G	E7613-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E11015-G <sup>d,e</sup>	E7615-G <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep
E11016-G <sup>d,e</sup>	E7616-G <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E11018-G <sup>d,e</sup>	E7618-G <sup>d,e</sup>	Low hydrogen potassium, iron powder <sup>f</sup>	F, V, OH, H	ac or deep
E11018M <sup>d,e</sup>	E7618M <sup>d,e</sup>	Iron powder, low hydrogen <sup>f</sup>	F, V, OH, H	deep
E12010-G	E8310-G	High cellulose sodium	F, V, OH, H	deep
E12011-G	E8311-G	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or deep
E12013-G	E8313-G	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, deep, or deep
E12015-G <sup>d,e</sup>	E8315-G <sup>d,e</sup>	Low hydrogen sodium	F, V, OH, H	deep

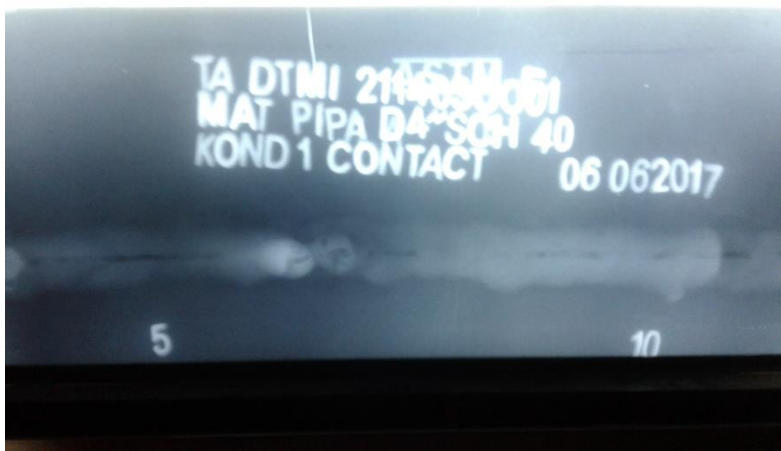


Lampiran 4. Hasil film SFD 120 mm (*Contact*)

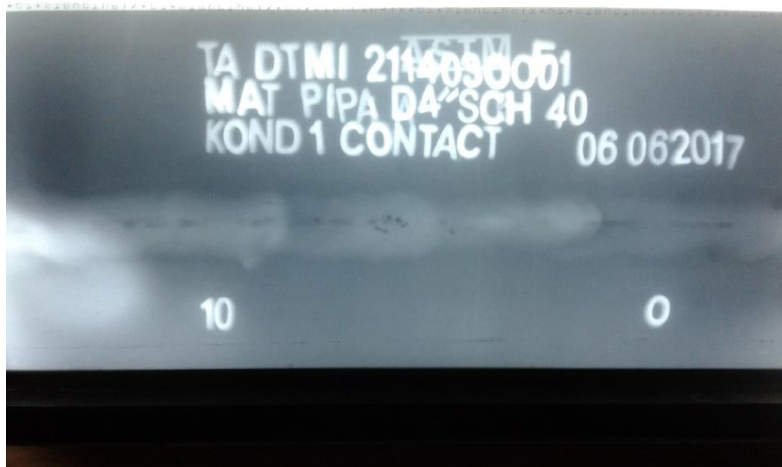
Posisi 0-5



Posisi 5-10

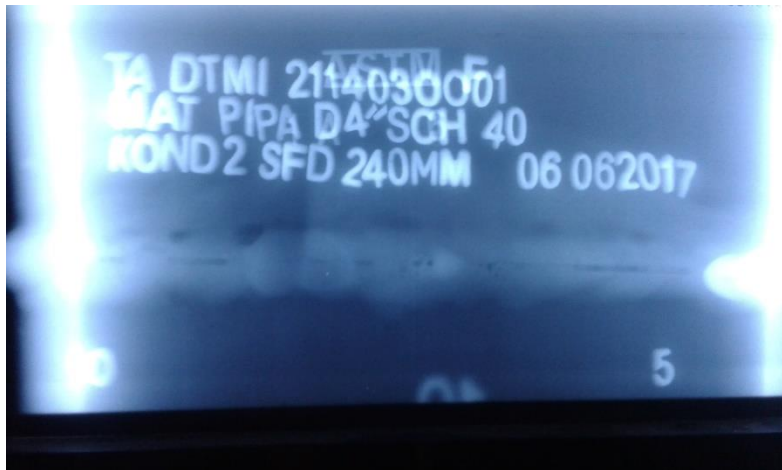


Posisi 10-0

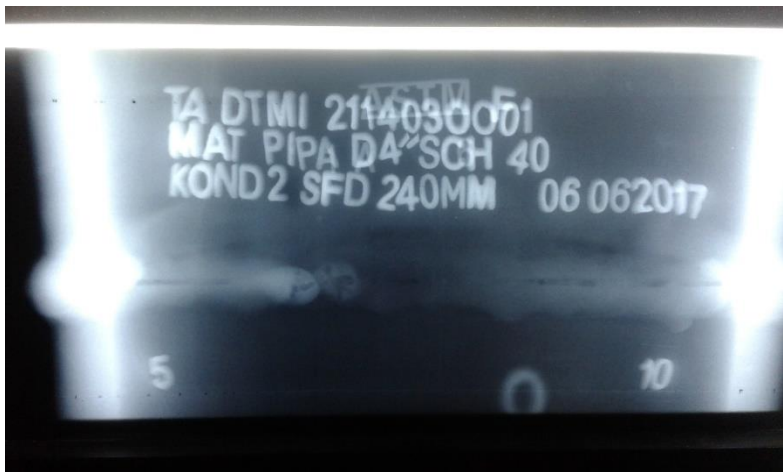


Lampiran 5. Hasil film SFD 240 mm

Posisi 0-5



Posisi 5-10



Posisi 10-0



Lampiran 6. Hasil film SFD 360 mm

Posisi 0-5



Posisi 5-10



Posisi 10-0



SFD 120mm



Jl. Bendul Merisi Indah No. 5 , Surabaya 60239 East Java  
Phone : 031-91743248 Fax : 031-8415329  
E-mail : [customer@andtech.co.id](mailto:customer@andtech.co.id) Website : [www.andtech.co.id](http://www.andtech.co.id)



LEMBAGA INSPEKSI  
SNI ISO IEC 17020:2012  
IL-058-10M

## RADIOGRAPHY EXAMINATION REPORT

[illegible]

Note: \*) SOD = Source to Object Distance, \*\*) DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance  
IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack,

SFD 240 mm



Jl. Bendul Merisi Indah No. 5, Surabaya 60239 East Java  
Phone : 031-91743248 Fax : 031-8415329  
E-mail : [customer@andtech.co.id](mailto:customer@andtech.co.id) Website : [www.andtech.co.id](http://www.andtech.co.id)



LEMBAGA INSPEKSI  
SNI ISO IEC 17020:2012  
LI-058-IDN

# RADIOGRAPHY EXAMINATION REPORT

[illegible]

Note : \* SOD = Source to Object Distance, \*\* DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance  
IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack,



SFD 360 mm



Jl. Bendul Merisi Indah No. 5 , Surabaya 60239 East Java  
Phone : 031-91743248 Fax : 031-8415329  
E-mail : [customer@andtech.co.id](mailto:customer@andtech.co.id) Website : [www.andtech.co.id](http://www.andtech.co.id)



LEMBAGA INSPEKSI  
SNI ISO IEC 17020:2012  
LI-058-IDN

## RADIOGRAPHY EXAMINATION REPORT

[illegible]

Note: \*) SOD = Source to Object Distance, \*\*) DSSOF = Distance from Source Side of Object to the Film at the minimum Source to Object Distance  
IP: Incomplete Penetration, IF: Incomplete Fusion, EUC: External Undercut, Crk: Crack,





## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 10 desember 1995 yang merupakan anak terahir dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Hang Tuah 10 Juanda, SD Hang Tuah 10 Juanda, SMPN 2 Sedati dan SMKN 3 Buduran. Setelah lulus penulis melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Mesin FTI ITS yang sekarang berganti

menjadi Departemen Teknik Mesin Industri. Dalam menjalani masa perkuliahan penulis telah melaksanakan kerja praktek di PT.Petro Kimia Gresik selama satu bulan.

Penulis juga sempat aktif diberberapa kegiatan yang diadakan oleh Himpunan D3 Teknik Mesin ITS, mulai dari pelatihan sebagai peserta maupun panitia. Serta mengikuti organisasi di himpunan sebagai staf BSO BENGKEL dan di percaya sebagai ketua Drag Bike D3MITS. Kemudian di divisi mobil irit untuk lomba Kontes Mobil Hemat Energi menjadi koordinator divisi Engine tim Basudewo. Serta tetap aktif pada kegiatan sebagai asisten lab mekatronika mengikuti beberapa riset dan pengembangan.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis membutuhkan waktu pengerjaan kurang lebih 5 bulan pada semester 6 pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri khususnya, serta untuk kebermanfaat orang banyak kedepannya.